



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Integrazione architettonica, criteri di progettazione, coperture ventilate, sistemi di facciate e pareti vetrate continue, schermature**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Integrazione architettonica, criteri di progettazione, coperture ventilate, sistemi di facciate e pareti vetrate continue, schermature fisse. Criteri di scelta. Casi Studio. Bibliografia / L.Ceccherini Nelli. - STAMPA. - (2003), pp. 1-48.

*Availability:*

This version is available at: 2158/768725 since:

*Publisher:*

Alinea Firenze

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

## **Gruppo di Lavoro**

**ABITA:** Coordinamento della ricerca RES in Schools-FV Publish contratto n.4.1030/C/00-008/2000

*Direttore*

*Prof. Pier Argiolo Cetica*

*Coordinatore scientifico*

*Prof. Marco Sala*

*Responsabile della ricerca*

*Arch. Lucia Ceccherini Nelli*

*Progettazione architettonica e integrazione impianti fotovoltaici*

*Arch. Lucia Ceccherini Nelli, Arch. Antonella Trombadore*

*Revisione e cura dei testi*

*Ing. Giuseppina Alcamo, Arch. Daniela Ena*

*Elaborazioni grafiche e modellazione 3D*

*Augusto Sini*

**WIP - Munich:** Progettazione impianti fotovoltaici

*Ing. Ingrid Weiss*

**IT POWER UK:** Simulazioni energetiche

*Ing. Rolf Oldach*

**GIFT:** Informazioni generali sul mercato fotovoltaico

*Ing. Alex Sorokin*

**AEP:** Documentazione e scelta dei casi studio

*Ing. Luciano Del Seppia, Ing. Alessio Agazzani*

**EALP:** Documentazione e scelta dei casi studio

*Dott. Roberto Bianco*

**ALERR:** Documentazione e scelta dei casi studio

*Ing. Primo Riscossa, Arch. Marco Gronchi*

**ETA:** Attività di disseminazione

*Ing. Gianluca Tondi, Dott. Chiara Cattaneo*

**CD Rom versione Inglese**

A cura di Lucia Ceccherini Nelli e Rolf Oldach

*Ringraziamenti*

Un ringraziamento vivissimo alla segreteria del Centro Abita, Sig.ra Iride Montanari, alle assistenti delle Agenzie Energetiche AEP, ALERR e EALP per aver fornito la collaborazione necessaria allo svolgimento delle attività amministrative. Un ringraziamento particolare al Prof. Giorgio Raffellini, Energy Manager dell'Università di Firenze e all'Arch. Giuseppe Fialà responsabile del Settore Tecnico dell'Università di Firenze per il caso studio dell'edificio Aule Polo Scientifico di Sesto Fiorentino.

Un ringraziamenti infine al Comune di Capannori per aver collaborato alle informazioni sul caso studio del Municipio di Capannori.

Impaginazione e layout a cura di Antonella Trombadore e Lucia Ceccherini Nelli

Stampa - ALINEA editrice

© copyright ALINEA EDITRICE s.r.l. - Firenze 2002

50144 Firenze, via Pierluigi da Palestrina, 17/19 rosso

Tel. 055/333428 - Fax 055/331013

*tutti i diritti sono riservati:*

*nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo (compresi fotocopie e microfilms)  
senza il permesso scritto della Casa Editrice*

*e-mail ordini@alinea.it*

*http://www.alinea.it*

# **Integrazione Architettonica del FOTOVOLTAICO**

## **casi studio di Edifici Pubblici in Toscana**

### **PREMESSA**

Uno degli obiettivi del programma "Tetti Fotovoltaici" è quello di trasferire sul mercato italiano l'esperienza sviluppata negli ultimi anni in Europa nel campo dell'energia solare e dei sistemi fotovoltaici. In particolare modo si è puntato al coinvolgimento delle amministrazioni pubbliche locali per promuovere e favorire lo sviluppo di azioni pilota.

Questo progetto, coordinato dal Centro Abita, ha avuto un'ampia diffusione in Toscana grazie al coinvolgimento di tre Agenzie Energetiche provinciali e, nel campo del fotovoltaico, ha beneficiato dell'esperienza dell'IT Power, del WIP di Monaco e della GIFT.

Questa brochure presenta tredici casi studio, scelti come progetti pilota per l'integrazione architettonica di sistemi fotovoltaici innovativi, nel rispetto delle tipologie costruttive originarie. Alcuni tra i casi studio sono progetti di grande successo, come ad esempio la serra fotovoltaica dell'Ospedale pediatrico Meyer a Firenze (primo classificato nel programma "Alta Valenza Architettonica" bandito dal Ministero dell'Ambiente), l'edificio per le aule al Polo Scientifico di Sesto Fiorentino dell'Università degli Studi di Firenze e la Scuola elementare Pontenuovo a Pistoia (finanziati nell'ambito del programma Nazionale "Tetti Fotovoltaici"). I rimanenti casi studio sono proposte progettuali che mirano al conseguimento di elevati standard di integrazione e che ben presto parteciperanno ai prossimi programmi di finanziamento.

La raccolta dei casi studio è parte di un progetto finanziato nell'ambito della ricerca europea "PV Publish", contratto n. 4.1030/C/00-008/2000

### **INDICE**

<b>Integrazione architettonica</b> .....	2
Tipologie fotovoltaiche applicate all'edilizia .....	3
Criteri di progettazione .....	4
Sistemi integrati in copertura .....	5
Coperture ventilate .....	6
Sistemi di facciata e pareti vetrate continue .....	7
Schemature fisse .....	8
<b>Attività di divulgazione</b> .....	9
Newsletter Ottobre 2002 .....	9
Mostra "Costruire Sostenibile L'Europa", Bologna 2002 .....	10
Workshop .....	12
<b>Casi Studio</b> .....	13
<b>Criteri di scelta degli edifici</b> .....	14
1. Serra bioclimatica Ospedale Meyer Firenze .....	16
2. Polo scientifico-Sesto Fiorentino .....	19
3. Municipio di Capannori- Lucca .....	22
4. Istituto Tecnico "Campezzelli" - Lucca .....	25
5. Istituto Tecnico "E. Fermi" - Lucca .....	27
6. Palestra "Gherardesca" - Livorno .....	29
7. Istituto Tecnico "A. Gramsci" Firenze .....	31
8. Liceo scientifico "C. Marchesi" Pisa .....	33
9. Istituto Tecnico "ISA" - Volterra (PI) .....	35
10. Istituto Tecnico "L.C. Carducci" - Volterra (PI) .....	37
11. Palestra Liceo "Enriques" - Livorno .....	39
12. Istituto Nautico "Cappellini" - Livorno .....	41
13. Scuola Elementare "Pontenuovo" Pistoia .....	43
<b>Conclusioni</b> .....	45
<b>Bibliografia</b> .....	48



## INTEGRAZIONE ARCHITETTONICA

### Introduzione

La progettazione degli edifici ha garantito, per decenni, elevati standard di comfort grazie all'uso inondizionato ed indiscusso di svariate fonti di energia. Tutto ciò ha consentito lo sviluppo di tecnologie edilizie e di programmi di urbanizzazione il cui costo, dal punto di vista dell'impatto ambientale e del consumo energetico, è molto alto. A causa di questo modo di agire si è sviluppata una tecnologia che ha generato un'*architettura autonoma*, insensibile a ciò che accade al suo esterno, attenta solo al comfort interno e all'uso indispensabile di sistemi di condizionamento e riscaldamento altamente inquinanti, che gravano pesantemente sulla salute dell'ambiente e degli uomini.

Il concetto di "esauribilità" delle fonti fossili in tempi medio/lunghi ormai è un dato certo ma è inoltre preoccupante constatare le modificazioni apportate all'ambiente da consumi energetici indiscriminati.

Da queste considerazioni nasce la necessità di un ripensamento radicale della logica costruttiva degli edifici, una trasformazione che includa tra i criteri base del processo progettuale un'elevata sensibilità energetica. La "cultura energetica" in ambito progettuale va intesa come conoscenza delle problematiche energetiche interne ed esterne all'edificio, in modo da indirizzare alla scelta consapevole di materiali e tecnologie per ottimizzare le risorse termiche negli edifici, e sensibilizzare all'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili, tra le quali quella fotovoltaica (FV). Progettare con criteri bioclimatici ed utilizzare fonti di energia rinnovabile integrata alle strutture edilizie significa adattare l'edificio al clima che lo circonda, riducendo al minimo l'apporto energetico necessario per garantire buoni standard di comfort ambientale interno. La progettazione architettonica per l'integrazione della tecnologia fotovoltaica in edilizia, rappresenta un passo importante, che potrà rivoluzionare la concezione dell'edificio, dotandolo non solo di nuove potenzialità tecnologiche ma rendendolo strumento di produzione diretta di energia, utilizzabile per le proprie e le altrui necessità.

I continui progressi dell'industria fotovoltaica, consentono di realizzare moduli con dimensioni sempre più simili ai componenti edilizi standard, come i componenti strutturali dei moduli, realizzati in vetro, metallo o materiale plastico, acquisendo così una elevata caratteristica estetica e funzionale di integrabilità architettonica.



*Heliotrop Solar House, Friburgo, Germania*

### La progettazione fotovoltaica integrata

La tecnologia fotovoltaica consente la produzione di energia elettrica direttamente dalla radiazione solare, ed i vantaggi di tale tecnologia stanno diventando sempre più evidenti grazie al diminuire dei costi di realizzazione degli impianti. Il processo si basa sulla proprietà del silicio di generare al proprio interno un flusso di elettroni quando direttamente esposto alla radiazione solare. Tale materiale si presta alla realizzazione di una considerevole varietà di forme, coperture, facciate di edifici, schemature etc.

L'integrazione architettonica di un impianto FV ha i seguenti vantaggi:

- se l'impianto è parte integrante dell'edificio, i costi della sua struttura di supporto e del terreno su cui insiste sono già coperti;
- la tecnologia fotovoltaica deve essere considerata come parte integrante dell'edificio e, come tale, va opportunamente progettato;

## Tipologie fotovoltaiche applicate all'edilizia



*Solar Office, Dorset, Inghilterra*

- nel caso di tipologie di integrazione legate anche a soluzioni bioclimatiche, come i sistemi di ombreggiamento e le facciate ventilate, un componente costruttivo FV può anche incidere direttamente sulla riduzione dei costi di gestione termica dell'edificio, ad esempio sul raffrescamento artificiale;
- esiste un beneficio economico particolarmente interessante per gli edifici ad uso commerciale: il consumo della maggior parte dell'energia richiesta avviene durante il giorno, quando questa è più costosa.
- l'energia prodotta dal FV fa risparmiare i costi di picco dell'equivalente elettricità acquistata dall'ente erogatore. Inoltre l'elettricità prodotta in eccesso potrà essere ceduta dal proprietario all'ente erogatore e riacquistarla all'occorrenza, magari in fasce orarie più economiche, come quelle serali e notturne;
- i sistemi FV connessi alla rete di distribuzione sono più economici di quelli non connessi non dovendo essere supportati da batterie e la corrente viene generata sul posto ove viene consumata;
- nei sistemi connessi alla rete, gli impianti FV operano in parallelo con la rete di distribuzione elettrica, cosicché una eventuale maggiore domanda di energia se non coperta dall'impianto FV è coperta dalla rete di distribuzione elettrica.
- esiste infine una componente "sociale" che caratterizza questo nuovo modo di produrre energia: i generatori FV convenzionali sono di consuetudine di proprietà di enti erogatori che vendono elettricità ai loro clienti. Il FV integrato alla costruzione, invece, appartiene al proprietario dell'edificio. L'energia prodotta è integralmente di sua proprietà e sarà in buona parte utilizzata direttamente dalle sue utenze. In tal modo si creano i presupposti per un nuovo concetto di produzione locale di energia, una sorta di distribuzione capillare del sistema produttivo composto da medi, piccoli e piccolissimi generatori FV strettamente integrati negli elementi edilizi e nelle infrastrutture urbane.

### Tipologie fotovoltaiche applicate all'edilizia

Attualmente in Italia, l'energia prodotta da un sistema fotovoltaico connesso alla rete è più costosa rispetto a quella prodotta da un sistema tradizionale; l'intervento di integrazione fotovoltaica acquisisce un senso se si considera che l'extracosto dell'impianto viene ammortizzato utilizzandolo anche come superficie di copertura. Un cospicuo numero di edifici, dagli uffici agli alberghi agli edifici industriali, possono utilizzare i sistemi FV integrati. La tipologia per uffici, a causa della significativa domanda di energia che copre l'orario dalle 9 alle 18, è sicuramente la tipologia che maggiormente sfrutterebbe la produzione di elettricità fornita dall'impianto FV. Significative sono anche le applicazioni fotovoltaiche applicate agli edifici industriali, commerciali e scolastici. I consumi di energia, variano naturalmente, a seconda dell'utilizzazione dell'edificio e a tal fine dovranno essere studiate appropriate valutazioni economiche per il dimensionamento degli impianti FV da installare.

*Tabella 1 Consumi elettrici approssimativi di alcune utenze*

<b>Edifici</b>	<b>Richiesta di elettricità kWh/m<sup>2</sup>anno</b>
1. Centri di ricerca	36
2. Edifici per uffici (senza condizionamento)	53
3. Residenze a basso consumo energetico	15-25
4. Edifici scolastici	20

## Criteri di progettazione

Un impianto fotovoltaico è costituito da moduli. La scelta dei moduli, le loro caratteristiche estetiche in termini di geometria, dimensione, colore, sistema di montaggio (con telaio o senza), influirà sull'intero aspetto dell'edificio e sul carattere architettonico dell'intervento.

Sono abbastanza visibili dall'esterno dell'edificio e dovranno essere generalmente posizionati in modo da non essere in ombra, per non ridurre l'efficienza. La forma, il colore e la struttura delle celle e del vetro costituiscono i più importanti parametri estetici di un modulo FV. Il bilancio tra la quantità e la qualità del vetro e la quantità e tipo di celle utilizzate in un modulo fa parte del processo progettuale, diventando rilevante sia per il modulo stesso sia per l'intero edificio. Queste caratteristiche possono essere utilizzate come elementi estetici oltre che funzionali.

### Criteri di progettazione

Esistono tre categorie per l'integrazione dei sistemi FV negli edifici.

In primis, l'integrazione nelle coperture, che possono sostituire le coperture tradizionali, sia inclinate che piane, con manti di copertura speciali fotovoltaici (tegole fotovoltaiche, coperture metalliche con fotovoltaico, ecc.). La seconda categoria riguarda l'integrazione dei sistemi di facciata (sostituzione di facciate vetrate tradizionali con altre integrate con sistemi FV) ed infine l'integrazione con i sistemi frangisole e schermi solari, che potranno essere posti sia in copertura che in facciata.

I risultati migliori saranno possibili negli edifici di nuova costruzione, mentre in caso di ristrutturazioni l'integrazione sarà più difficile e spesso più onerosa, a meno che l'intervento preveda di ristrutturare parti dell'edificio con altre integrate con FV, in modo da compensare i costi manutentivi con i costi delle nuove strutture integrate.

Le tecnologie che consentono una buona integrazione dei sistemi fotovoltaici devono perseguire i seguenti requisiti:

- alta valenza estetica
- tenuta agli agenti atmosferici - Tenuta al vento
- durata dei materiali utilizzati
- sicurezza (costruttiva, al fuoco, elettrica, ecc..)
- minimizzare gli extracosti.

*Houten Fire Station, Olanda*





### Sistemi integrati in copertura

Le coperture inclinate sono generalmente preferite per il posizionamento dei moduli FV:

- una maggiore radiazione solare incidente
- i pannelli sono facilmente posizionabili
- l'inclinazione ottimale è all'incirca equivalente alla latitudine del luogo; variazioni di  $\pm 15^\circ$  avranno un basso impatto sul rendimento complessivo dell'impianto, quindi sono tollerate.

Le coperture sono caratterizzate dai seguenti elementi:

- generalmente sono prive di sistemi di schematura
- la pendenza della copertura spesso non condiziona l'installazione di impianti FV



Esempi di interventi su coperture inclinate, Stati Uniti



Autogrill, Germania



Accademia del Mont -Cenis Herne, Germania

### Sistemi di integrazione per coperture

Posizione del sistema FV	Sistema	Caratteristiche
1. Coperture inclinate	a. Pannelli FV b. Tegole FV	Combinati con il sistema strutturale Tegole FV, flessibili e facili da applicare sia su una copertura esistente che integrate nel manto di copertura
2. Coperture a shed	a. Pannelli FV	Consentono il passaggio della luce
3. Coperture curve	a. celle opache con struttura flessibile b. pannelli FV rigidi applicata su supporto curvo	Facilità di montaggio e performanti dal punto di vista architettonico Sistema più rigido con diverso rendimento a seconda della diversa inclinazione dei moduli
4. Atri	a. pannelli FV per coperture	Questo sistema può essere alternato con parti trasparenti e parti opache FV e semitrasparenti FV.

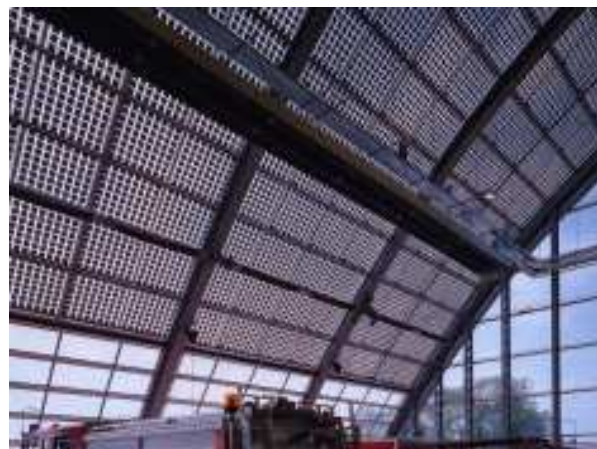
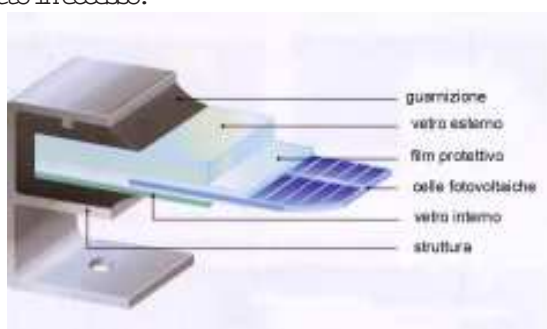
## Coperture ventilate

### Coperture ventilate

Le coperture sono più facili da ventilare rispetto alle facciate: ciò produce un effetto di minore surriscaldamento delle celle rispetto ad un sistema fotovoltaico posizionato su una facciata verticale.

Per le coperture inclinate è necessario utilizzare un supporto esterno per montare i moduli fotovoltaici sulla copertura del tetto, come indicato in figura.

Questo sistema consente una camera d'aria di 100 mm tra i moduli e la struttura di copertura, che incorpora l'isolamento e i cavi di collegamento elettrico dell'impianto. Per diverse soluzioni di lucernari le aperture a nord consentono di dissipare direttamente il calore prodotto in eccesso.



*Houten Fire Station, Olanda*

*Esempio di sezione con FV inserita in lastre di vetro e sistema di supporto*

*Istituto di Credito Bayerische, Germania.*





### **Sistemi di Facciata e pareti vetrate continue**

Il sistema costituito da facciata continua vetrata e FV è un sistema ormai ampiamente utilizzato in numerosi edifici di prestigio. Le superfici trasparenti sono generalmente con doppio vetro e le superfici opache sono realizzate con vetri opachi o pannelli isolanti. I moduli fotovoltaici sono preassemblati in fabbrica nelle unità con doppio vetro. Il vetro esterno con FV sarà di tipo temperato, intercapedine d'aria e vetro interno; lo spessore finale sarà di 300 mm. I moduli semitrasparenti fotovoltaici avranno l'effetto di schermare parzialmente la luce ed avranno una collocazione speciale nella facciata, ove occorra ridurre parzialmente l'ingresso della luce naturale, mentre le aree che dovranno garantire una buona visibilità potranno essere lasciate trasparenti. Infine le parti oscuranti potranno essere realizzate con un numero maggiore di celle fotovoltaiche opache.

In questo tipo di tecnologia, si deve prestare particolare attenzione al sistema dei montanti generalmente in alluminio modulare in cui verranno passati i cavi per il collegamento elettrico dei moduli FV.



Torre della stazione - Friburgo, Germania

### **Principali sistemi FV di facciata.**

Posizione del FV	Sistema	Caratteristiche
Pareti verticali	Facciate continue	Standard ed economicità durante la realizzazione, i pannelli opachi FV possono essere mescolati a quelli trasparenti o semi trasparenti
Pareti verticali	Pareti protettive ventilate	Con camera d'aria per la ventilazione e per il passaggio dei cavi per l'impianto FV
Pareti verticali con pannelli FV inclinati	Facciate vetrate ventilate	Con questo sistema si incrementa l'efficienza FV, conseguimento di un potenziale ombreggiamento delle finestre (se desiderato) ma conseguente auto ombreggiamento dei moduli
Pareti inclinate	Vetrate	Notevole interesse architettonico, incremento della resa dei moduli FV, minor utilizzo dell'area calpestabile dell'edificio
Schermature fisse	Vetrate	Possibili perdite di luce diurna
Frangisole mobili	Vetrate	Incremento di resa del sistema FV comparato al sistema per frangisole fissi

## Schermature fisse

### Schermature fisse

Tutte le finestre necessitano di sistemi per il controllo dell'illuminazione naturale. Spesso vengono utilizzate tecnologie per l'ombreggiamento poste nella parte interna dell'edificio. Lo svantaggio di tali soluzioni è la riduzione di visibilità esterna ed il surriscaldamento della parete esterna dovuto all'irraggiamento solare diretto. Le schermature esterne con fotovoltaico possono essere di tipo fisso o mobile, l'orientamento ottimale è di circa 40° per l'Italia. Le schermature FV normalmente sono realizzate con un pannello aggettante in facciata dell'edificio posizionato su supporti metallici per consentire il passaggio dell'acqua e la ventilazione. La distanza tra gli elementi non potrà essere inferiore a 100 mm per consentire la ventilazione dei moduli FV. Sui montanti potranno essere posizionali anche i cablaggi del sistema FV. Ci sono alcuni tipo di schermatura FV montati su supporti di vetro che consentono una buona visione esterna e architettonicamente risultano avere una elevata valenza estetica.



*Edificio Solar  
Fabrik, Friburgo,  
Germania.*



In tale newsletter sono stati riportati i casi studio sviluppati in questa brochure, dando particolare risalto alla progettazione ed integrazione architettonica dei sistemi fotovoltaici, utilizzando celle ad alto rendimento energetico ed elevata valenza architettonica.

# TASK IV - V

## Case Studies & Dissemination Activities

Building-integrated photovoltaic (BIPV) electric power systems not only produce electricity, they are also part of the building. BIPV skylight is an integral component of the building envelope as well as a solar electric energy system that generates electricity for the building. These solar systems are true multifunctional construction materials. The standard element of a BIPV system is the PV module. Individual solar cells are interconnected and encapsulated on various materials to form a module. Modules are strung together in an electrical series with cables and wires to form a PV array. Direct or diffuse light (usually sunlight) shining on the solar cells induces the photovoltaic effect, generating unregulated DC electric power. This DC power can be used, stored in a battery system, or fed into an inverter that transforms and synchronizes the power into AC electricity. The electricity can be used in the building or exported to a utility company through a grid interconnection.

A wide variety of BIPV systems are available in today's markets. Most of them can be grouped into two main categories: facade systems and roofing systems.

Facade systems include curtain wall products, spandrel panels, and glazing. Roofing systems include tiles, shingles, standing seam products, and skylights. This brochure illustrates how PV modules can be designed architecturally integrated building components (such as awnings) and as entire structures (such as bus shelters). BIPV is sometimes the optimal method of installing renewable energy systems in urban, built-up areas where undeveloped land is both scarce and expensive.

The fundamental first step in any BIPV application is to maximise energy efficiency within the building's energy demand or load. This way, the entire energy system can be optimised.

Thoughtfully designed BIPV systems will reduce a building's energy demand from the electric utility grid while generating electricity on site and performing as the weathering skin of the building. Roof and wall systems can provide livable space to diminish unwanted thermal transference.

Windows, skylights, and facade shelves can be designed to increase daylighting opportunities in interior spaces. PV awnings can be designed to reduce unwanted glare and heat gain. The integrated approach, which brings together energy conservation, energy efficiency, building envelope design, and PV technology and placement, maximises energy savings and makes the most of opportunities to use BIPV systems.

This research presents several design cases that illustrate how BIPV production can be integrated.

successfully into a number of retrofit structures. It also contains some basic information about BIPV and related product development in Europe.

The primary intent of this brochure is to provide architects and designers with useful information on BIPV systems in the embodied design briefs. Each brief provides specific technical data about the BIPV system used, including the system size, weight, and efficiency as well as number of inverters required for it. This is followed by photographs and drawings of the systems along with general system descriptions, special design considerations, and mounting attachment details.





## ATTIVITA' DI DIVULGAZIONE

### Mostra



SAIE Bologna 16/20 Ottobre 2002

*Costruire Sostenibile l'Europa*

Un'ampia rassegna di esperienze europee è stata presentata al SAIE di Bologna, evidenziando il grado di maturazione raggiunto sui diversi argomenti del costruire sostenibile.

La mostra ha offerto una selezione di progetti di alcuni tra i più noti progettisti europei: tra questi si inserisce la mostra "Integrazione Architettonica dei Sistemi Fotovoltaici" curata dal Prof. Giorgio Raffellini e dal Prof. Marco Sala e realizzata dall'Arch. Lucia Ceccherini Nelli.

La mostra individua le tre tipologie principali di integrazione fotovoltaica, analizzando i sistemi di copertura, facciata e frangisole; un ultimo pannello è dedicato ai risultati della ricerca Europea PV-Publish, in cui sono stati inseriti i più interessanti esempi di casi studio e lo stato di avanzamento del lavoro progettuale.







## ATTIVITA' DI DIVULGAZIONE

### Workshop

Il Workshop per la presentazione dei casi studio del progetto Europeo Alternar PV-Publish, si è tenuto il 30 Maggio 2002 presso l'Università di Firenze, Dipartimento TAeD sede del Centro Interuniversitario ABITA.

Ad aprire i lavori il Direttore del Dipartimento TAeD, Prof. Vincenzo Legnante e il Prof. Marco Sala, coordinatore scientifico del progetto PV Publish e segretario del Centro ABITA.

Il workshop ha avuto come obiettivo la divulgazione dei risultati e la diffusione di soluzioni tecniche per l'adozione delle energie rinnovabili e della tecnologia fotovoltaica, in modo da sensibilizzare, quanto più possibile allo sviluppo di progetti pilota, sperimentare nuovi sistemi di integrazione architettonica del fotovoltaico, promuovere - anche attraverso il contributo delle Agenzie Energetiche - progetti di formazione e percorsi didattici sulle energie rinnovabili a partire dai casi studio di questa raccolta.

Il Workshop è stato organizzato da ABITA in collaborazione con ETA.



<b>W O R K S H O P</b>	<b>ABITA</b>	Targeted action facilitating PV market penetration in Italy <b>ENERGIE RINNOVABILI:</b> <b>Integrazione Fotovoltaica negli edifici pubblici</b>	
	Palazzo Vègni - Aula Magna 31 Maggio 2002  Via S. Niccolò 89/a Firenze	Architectural & technical advice for PV integrated systems in public buildings and schools: projects preparation - presentation and their implementation	
 <b>ETA</b>	 <small>Foto sezione grafica Augusto, 2001</small>		 <b>ALTERNAR</b> Area 5.4.2/3 TBU Proposta n. AL 2000 307
	<small>Per informazioni: ABITA - tel +39 055 3048394 fax +39 055 3048394-40 e-mail: marco.sala@unifi.it ETA - tel +39 055 3002114 fax +39 055 573425 e-mail: eta.f@etahome.ch <a href="http://www.unifi.it/abita/workshop.htm">http://www.unifi.it/abita/workshop.htm</a></small>		



**1. Serra per l'ospedale pediatrico MEYER, Firenze.**

Serra fotovoltaica 30 KWp

**2. Polo scientifico, edificio aule dell'Università di Firenze, Sesto Fiorentino, (Firenze).**

Frangisole corte interna, 20 KWp

**3. Palazzo Comunale, Capannori, Lucca**

Facciata fotovoltaica inclinata 26,4 kWp

**4. Istituto Tecnico "Campedelli", Lucca**

Lucernari fotovoltaici 14,5 KWp

**5. Istituto Tecnico "E. Fermi", Lucca**

Frangisole fotovoltaici 13,6 KWp

**6. Palestra "Gherardesca", Livorno**

Copertura fotovoltaica 19,1 KWp

**7. Istituto Tecnico "A. Gramsci" Firenze**

Inserimento fotovoltaico nelle finestre 13,72kWp

**8. Istituto Tecnico "C. Marchesi", Pisa**

Lucernari e frangisole fotovoltaici  
Rispettivamente 20 KWp - 14 KWp

**9. Istituto Tecnico ISA Volterra (PI)**

Inserimento fotovoltaico nelle finestre e nella  
copertura Rispettivamente 13 KWp-  
1,1 KWp su ogni finestra

**10. Istituto Tecnico "LC Carducci" Volterra(PI)**

Copertura e frangisole fotovoltaici  
Rispettivamente 11 KWp PV - 11 KWp

**11. Palestra Liceo "Enriques", Livorno**

Copertura fotovoltaica 10 KWp

**12. Istituto Nautico "Cappellini", Livorno**

Copertura fotovoltaica 9,86 KWp

**13. Scuola Elementare, Pontenuovo, Pistoia**

Copertura fotovoltaica 19,3 KWp



## Criteri di scelta

Le installazioni fotovoltaiche integrate in coperture e facciate di edifici consentono di combinare la produzione di energia con altre funzioni dell'involucro, come l'ombreggiamento e la protezione dagli elementi atmosferici.

L'elettricità generata in prossimità delle utenze, evita le perdite per trasmissione e trasporto, riducendo i costi di manutenzione per le aziende di fornitura. L'integrazione architettonica non significa infatti soltanto il montaggio di moduli sull'involucro: essa implica molto di più, includendo tutti i passi compresi nel processo di costruzione e rinnovamento dell'edificio, a partire dalla pianificazione della scelta e produzione dei materiali da costruzione, fino alla messa in opera e al riciclaggio. Il risultato di questo tipo di integrazione – detta *integrazione multipla* – consentirà un notevole risparmio.

Vi sono molteplici potenziali applicazioni del fotovoltaico negli edifici ma sarebbe impossibile, in uno studio di questo tipo, elencare e valutare una così ampia gamma di progetti. L'equipe di lavoro ha quindi scelto i casi studio facendo una valutazione qualitativa sulle varie tipologie ed identificando cinque applicazioni.

La selezione riflette l'adattamento dell'edificio all'integrazione del fotovoltaico, in termini di utilizzo, dimensione e struttura, e la disponibilità di relative informazioni, entrambi in funzione del sistema fotovoltaico che potrebbe essere utilizzato e il potenziale di ripetibilità dell'edificio nell'ambito dell'edilizia italiana.

### Valutazione dei casi studio

Per ciascun caso studio, sono stati raccolti dati relativi alle dimensioni dell'edificio; al sistema, o sistemi, fotovoltaici più idonei all'applicazione; i costi di installazione comprensivi dei costi marginali, quando il sistema fotovoltaico sostituisca materiali edilizi convenzionali. L'output energetico totale è stato calcolato utilizzando un programma di simulazione e i dati relativi all'insolazione sono stati tratti da archivi climatici della Toscana.

### Parametri progettuali

I sistemi fotovoltaici oggetto di studio sono tutti connessi alla rete distributiva. La maggior parte di essi utilizza moduli in silicio policristallino, mentre uno solo sfrutta celle in silicio amorfo. Il sistema più grande ha una potenza di circa 30 kWp, mentre il più piccolo tra quelli studiati ha una potenza di circa 10 kWp.

I seguenti progetti mostrano una larga varietà di soluzioni, che possono incontrare fabbisogni di vari settori edilizi. La maggior parte di essi si propone come soluzione ideale. Dei 13 progetti, 6 saranno realizzati con il supporto finanziario del Ministero dell'Ambiente.

I parametri di progetto sono stati influenzati da i seguenti fattori:

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| - Localizzazione            | - Tipologia di localizzazione   |
| - Settore di sviluppo       | - Nuova edificazione / retrofit |
| - Tipologia di fotovoltaico | - Localizzazione dell'edificio  |
| - Output di picco (kWp)     | - Surplus di potenza            |
| - Realizzazione             | - Assistenza finanziaria        |

I sistemi integrati proposti influenzeranno in modo considerevole l'involucro degli edifici.

*Biblioteca Matarò, Barcellona, Spagna*





Gli inverter saranno integrati nei moduli in modo da rendere il cablaggio più sicuro e di più facile installazione e manutenzione, riducendo al minimo il rischio di montaggio imperfetto dei moduli, e rendendo possibile anche un incremento delle prestazioni del sistema.

Le nuove tipologie di celle solari utilizzate, consentiranno la generazione di sistemi avanzati di collettori ibridi. Negli edifici con domanda di acqua sanitaria per usi domestici, l'uso simultaneo di calore ed elettricità andrà ad incrementare la convenienza economica dell'installazione e il montaggio insieme all'installazione potranno essere realizzati in unica fase, dal momento che è possibile la combinazione dell'inverter con il dispositivo di controllo del sistema termico.

### Legislazione urbanistica

Le autorità locali generalmente supportano i progetti finalizzati alle strategie di protezione ambientale e i progetti PV Publish sono tutti integrati in edifici pubblici da realizzare con i fondi della pubblica amministrazione.

Le finalità di sostenibilità ambientale stanno crescendo nell'ambito della pianificazione locale e riflettono la nuova tendenza dell'impegno governativo per le misure a favore dell'ambiente, attraverso l'Agenda 21 e non solo con i Programmi di finanziamento del Ministero dell'Ambiente.

### Connessione in rete e produzione elettrica in eccedenza

Gli edifici analizzati nella presente brochure sono dimensionati in modo da produrre energia in eccedenza che debba essere ceduta, come accade in molti paesi europei, all'Ente distributore. Al momento non è possibile convogliare il surplus energetico nella rete nazionale, forse il Governo italiano si accorderà con i paesi Europei per la privatizzazione nel 2004 di ENEL (Produttore Nazionale di energia), in modo che gli edifici con fotovoltaico integrato soddisfino non solo i propri, ma diano anche un utile contributo ai fabbisogni energetici nazionali.

### Ottimizzazione dei sistemi fotovoltaici

Le regole base per la massimizzazione dell'energia prodotta dall'installazione dipende sostanzialmente da due parametri: orientamento, angoli di tilt e dati climatici relativi al sito.

Inoltre per incrementare l'efficienza del sistema fotovoltaico è necessario anche mantenere i moduli ventilati e puliti, con una buona manutenzione delle connessioni elettriche.

### Standards

I progettisti hanno bisogno di semplici standard e regole pratiche per realizzare i componenti e prevedere le modalità di installazione. Gli standard italiani attuali riguardano:

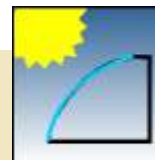
- L'aspetto dei moduli, compresi eventuali difetti di produzione, allineamento delle celle, flessione accettabile delle celle, allineamento e posizione dello strato di conduzione;
- Indicazioni per la sicurezza non elettrica, comprendenti movimentazione, durabilità e rischi in caso di incendio;
- Assemblaggio dei sistemi di montaggio, come integrazioni in facciate continue, lucernari ecc.

### Manutenzione

La manutenzione dei sistemi deve essere ridotta, con un facile accesso all'impianto, dal momento che le implicazioni tecniche e di costo sono state spesso trascurate fino a fasi troppo avanzate del progetto. Un accesso sicuro per la manutenzione ed eventuali sostituzioni di elementi è invece una necessità prioritaria per le installazioni fotovoltaiche.

*Building in 4th Times Square,  
Broadway-NY*





L'intera progettazione del Nuovo Ospedale Meyer ha puntato su una **configurazione spaziale ed architettonica fluida** tra esistente e nuova edificazione.

L'impianto planimetrico è costituito da tre corpi di fabbrica separati disposti secondo l'asse ovest, concepiti secondo la tipologia del corpo triplo dell'esistente Villa Ognissanti. In base a quanto proposto nel progetto, i tre edifici principali saranno ristrutturati, avranno funzioni diverse e saranno messi in comunicazione l'un l'altro attraverso la realizzazione di una grande serra con funzione di hall.

Il padiglione centrale ospiterà gli ambulatori e gli studi medici, mentre i padiglioni laterali ospiteranno l'albergo sanitario e la sede universitaria.

#### **L'integrazione dell'impianto fotovoltaico nella serra**

Oltre a produrre energia elettrica, il sistema contribuisce a migliorare il livello di illuminazione naturale e di ombreggiamento. L'apporto termico dovuto al surriscaldamento delle celle contribuisce in inverno al riscaldamento della serra e degli ambienti che vi si affacciano, e innesca in estate moti convettivi e ascensionali che migliorano la ventilazione naturale favorendo il raffrescamento. In questo modo il sistema fotovoltaico produce energia elettrica direttamente dalla radiazione solare, in maniera silenziosa, senza causare inquinamento acustico o ambientale. Questo consente di contribuire attivamente al fabbisogno energetico dell'edificio e di ridurre l'impatto ambientale sull'insediamento urbano.

In questo modo il sistema fotovoltaico non risponde solamente alle esigenze di produzione di energia pulita, ma inserito architettonicamente nella struttura edilizia, diventa un piacevole e attraente nuovo elemento costruttivo che lancia un chiaro segnale per uno sviluppo sostenibile, nonché uno strumento di strategia politica per destare l'attenzione verso le tematiche ambientali.

La struttura della serra nel Nuovo Ospedale Meyer si presta bene all'inserimento di un sistema innovativo: il sistema fotovoltaico trasparente riesce a trasformare l'involucro in una piccola centrale solare per la produzione di energia elettrica (una potenza da installare di circa 31 kWp che viene consumata direttamente dall'edificio stesso) grazie all'integrazione dei moduli FV nella struttura di facciata.

Gli elementi fotovoltaici sono combinati con i tradizionali materiali da costruzione e addirittura li sostituiscono in parte. Satisfano i requisiti di un buon materiale unendo un piacevole effetto di trasparenza alla luce naturale e di visione dell'esterno ad un beneficio microclimatico di controllo della radiazione solare, di isolamento termico, di controllo dei livelli acustici e di protezione dal fuoco.



### Caratteristiche dell'impianto - Le specifiche tecniche

Per raggiungere una ottimale integrazione del sistema fotovoltaico nella struttura di copertura della serra si è scelto un sistema a laminati trasparenti vetro-vetro, integrati come superfici vetrate nei pannelli di una facciata continua. I laminati (di dimensioni 2200 x 1000 cm) sono disposti su file parallele, sorretti dal corrente principale dell'infisso lungo l'asse verticale e collegati orizzontalmente mediante i trasversi della struttura, collocati però nell'intradosso della serra, per garantire una continuità compositiva e strutturale della superficie vetrata nella parte esterna. Sono stati scelti laminati con tre diverse densità di celle: nella parte più alta della struttura su tre file saranno disposti 66 pannelli tipo A (con trasparenza pari a 15%) che favoriscono una maggiore schermatura dalla radiazione solare. Di seguito nelle file inferiori (per consentire una agevole visione dell'esterno e un graduale passaggio della luce naturale) saranno disposti 48 laminati del tipo B e 12 del tipo C (trasparenza 20% e 25%). L'impianto presenta così un totale di 14.490 celle (di silicio monocristallino convenzionale, - Tata blue - ciascuna di dimensioni 12,5 x 12,5) per una potenza di picco pari a 30.13 kWp.

### Caratteristiche:

- **L'elemento stratificato vetrato**

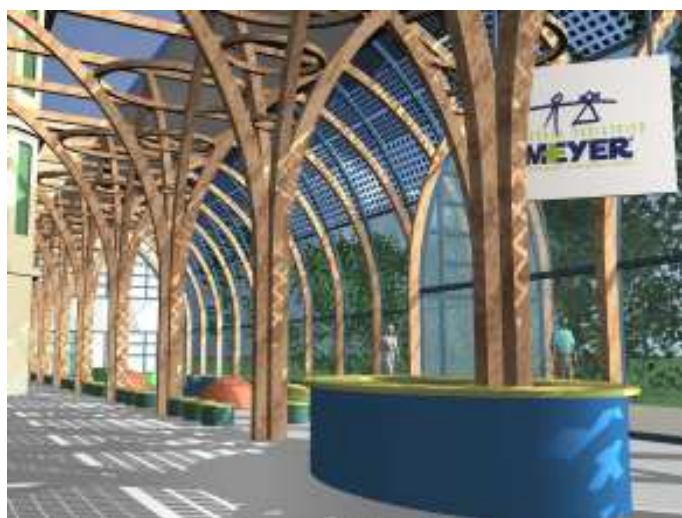
**Caratteristiche tecniche:** il laminato è costituito da un sistema vetro-vetro (6+PV+6) con elementi di vetro stratificato e temperato che risponde alle verifiche tecniche e prestazionali condotte in base alle principali condizioni del sito: caratteristiche atmosferiche, termiche, meccaniche.

- **Il laminato**

La tecnica della laminazione è definita dalla Lamination provider prendendo in considerazione tutti i fattori locali di rilievo relativi agli aspetti atmosferici, termici, meccanici, connessioni elettriche, senza trascurare i requisiti estetici e i problemi di fissaggio relativi allo specifico progetto.

- **Connessioni elettriche / scatole di giunzione**

Tutte le connessioni saranno fatte nella parte più alta del laminato per evitare di aumentare il peso del pannello sui connettori. Le scatole di giunzione possono essere usate come da soluzione **Multi contact Junction boxes**



## Ospedale Meyer, Firenze

**Gestione del cavo:** installato sulla superficie esterna con connessioni elettriche sul lato interno del laminato.

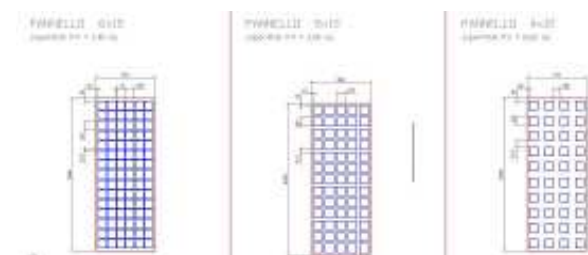
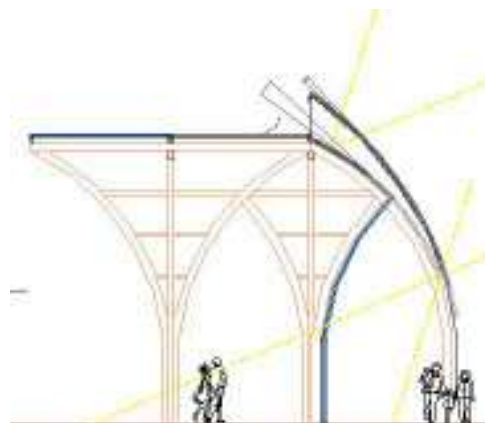
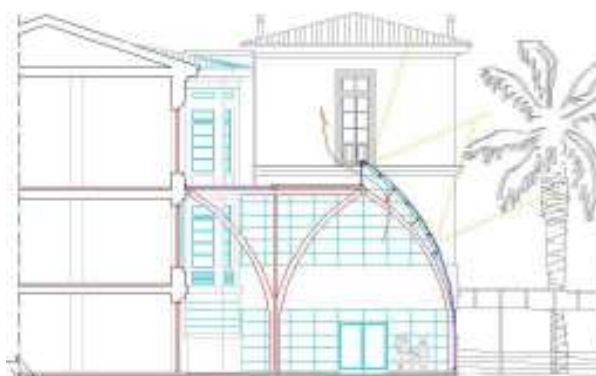
**Diodi - bypass contenuti nella scatola di giunzione connessi ai fili.** Questi fili possono essere connessi al "Multi Contact" sul lato esterno del pannello con un rivestimento in alluminio realizzato in opera.

**I cavi DC.** saranno fissati con connettori con bordura compatibile, per esempio provvedendo a che i requisiti di isolamento ambientale ed elettrico siano inclusi in queste specifiche.

**La lunghezza dei cavi DC** deve essere appropriata per la connessione tra i pannelli.

### • Layout dello schema unifilare

La connessione tra le celle delle stringhe con i diodi Bypass e le scatole di connessione devono avere dimensioni molto ridotte tali da lasciare la massima visibilità e trasparenza, con il minimo ingombro.



### Committente:

Azienda  
Ospedaliera  
Meyer

### Progetto

Architettonico:  
CSPE Architetti  
Associati

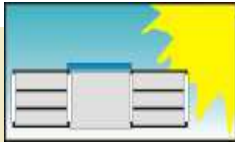
### Progetto dell'integrazione fotovoltaica:

MSA Associati,  
Prof. Marco Sala,  
Arch. Antonella  
Trombadore

### Tecnologie fotovoltaiche:

BP Solar





## Frangisole - Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 2 Polo Scientifico, Università di Firenze- Sesto Fiorentino (FI)

### Il progetto

L'edificio per aule si inserisce all'interno del Polo scientifico dell'Università di Firenze a Sesto Fiorentino.

L'edificio di forma regolare con corte interna presenta un duplice affaccio.

Il progetto di integrazione architettonica prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico di 20kWp, sospeso sulla corte interna. La struttura sarà composta da dei frangisole fissi che consentiranno il passaggio di luce e aria nella corte e al contempo garantiranno un gradevole livello di schematura.

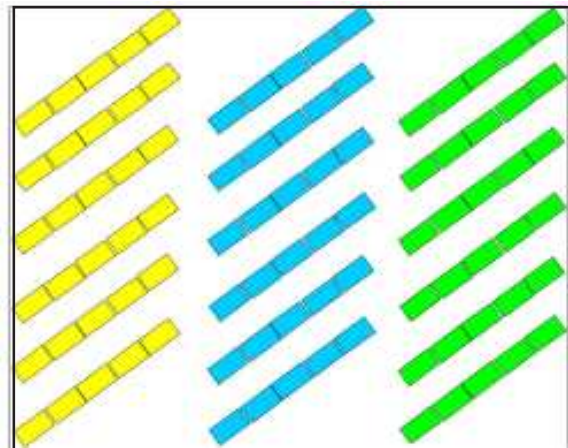


### Caratteristiche di integrazione

L'edificio si sviluppa intorno ad una ampia corte interna sulla quale si affacciano le aule. Tale corte verrà ombreggiata con un sistema di schermi trasparenti con celle fotovoltaiche integrate, in modo da ottenere un ombreggiamento parziale degli spazi serviti.

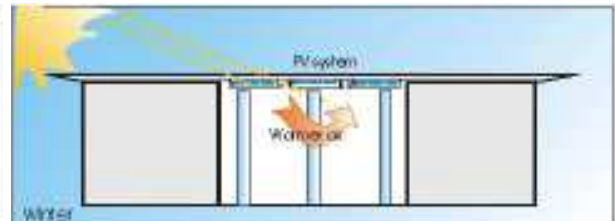
Un tale sistema consentirà all'edificio di beneficiare in estate dell'ombreggiamento oltre che dell'impianto FV; quest'ultimo, essendo esterno, potrà quindi facilmente dissipare il calore accumulato nella produzione di energia.

In inverno, il sistema consentirà, tramite il surriscaldamento delle celle di ottenere un aumento della temperatura esterna nelle parti immediatamente vicine all'impianto e al tempo stesso si otterrà un effetto di copertura che consentirà l'aumento della temperatura nella corte di 1 o 2 gradi.



### Caratteristiche:

- Ottima soluzione per interventi retrofit
- Funzioni di ombreggiamento con maggior comfort interno
- Buona inclinazione dei moduli
- Buona ventilazione e quindi temperature di esercizio contenute



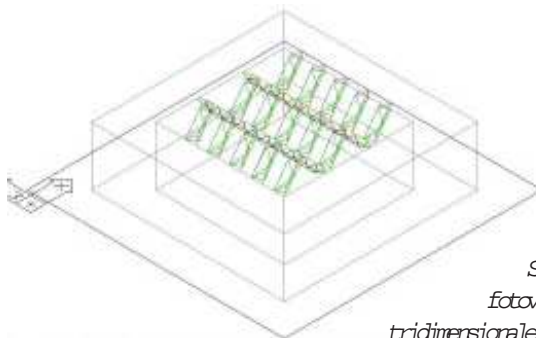
### **Impianto Fotovoltaico**

Il sistema verrà realizzato su supporti in vetro con inserimento di celle in silicio policristallino, interponendo fasce trasparenti tra cella e cella.

Il sistema di supporto sarà formato da travi reticolari appoggiate sul perimetro della corte dell'edificio.

La distanza tra gli elementi frangisole sarà di circa 1,50 m. Tale distanza è calcolata in modo da consentire, in inverno, il beneficio del fattore di irraggiamento solare nell'edificio. I frangisole saranno montati in diagonale rispetto alla corte in modo da poter essere orientati verso Sud e quindi ottimizzare il rendimento del sistema.

La colorazione blu delle celle integrate nella struttura dei pannelli in vetro temperato, consentirà di mantenere la vista e la trasparenza per chi si affaccia nella corte dalle finestre o per chi sosta nella corte stessa.



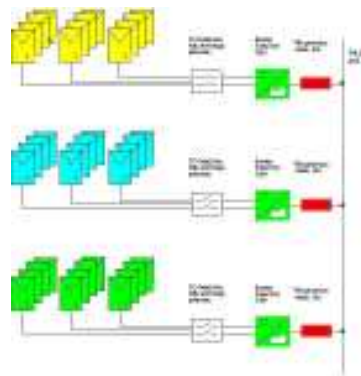
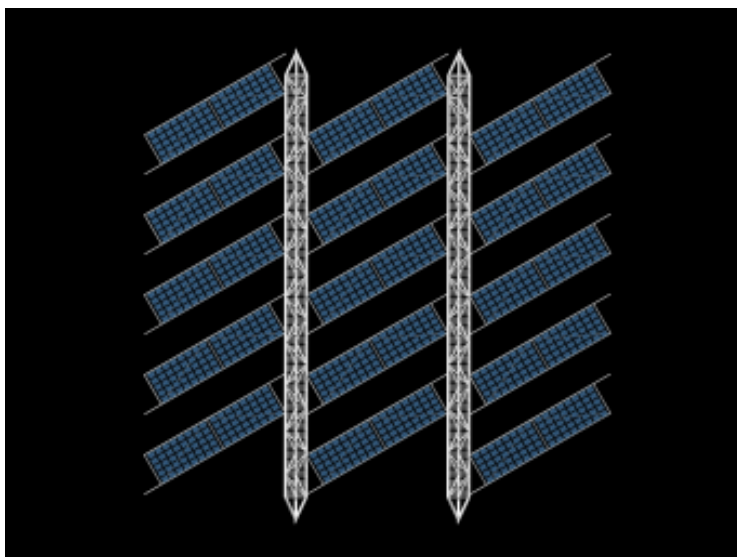
*Schena dell'impianto fotovoltaico: simulazione tridimensionale per l'ottimizzazione dell'inclinazione e dell'orientamento.*





**Breve descrizione tecnica:**

L'impianto è composto da tre sottosistemi identici, ciascuno della potenza nominale di 7 kWp. Tali sottosistemi sono composti ognuno da tre stringhe con 10 moduli BP Solar connessi in serie e da un inverter.



**Dati di progetto:**

- **Inclinazione del sistema** : 30°
- **Orientamento** : Sud
- **Dati climatici di Pisa**

**Committente:** Università di Firenze

**Progetto dell'integrazione fotovoltaica :**

ABITA - Arch. Lucia Ceccherini Nelli,  
WIP, IT Power



## Facciate continue inclinate Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 3 Edificio comunale a Capannori, Lucca



L'edificio è situato nella città di Capannori, è di recente costruzione e ospita la sede del Comune. L'edificio è in cemento armato con la facciata sud vetrata ed inclinata.

### Il progetto

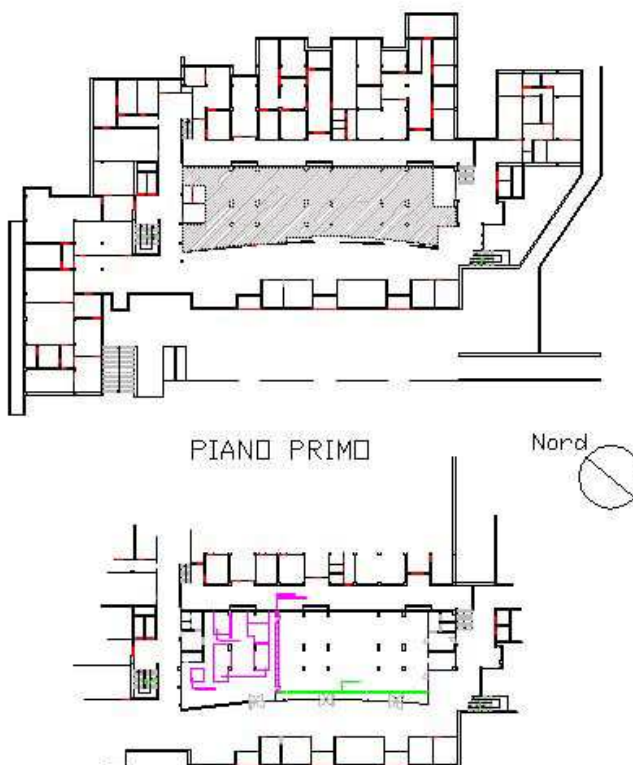
L'edificio presenta orientamento favorevole ( sud-ovest ) all'integrazione fotovoltaica nella facciata inclinata di 40°: orientamento, inclinazione e struttura si prestano particolarmente bene all'installazione dei moduli, consentendone un rendimento ottimale.

L'integrazione del sistema fotovoltaico con pannelli disposti sulla facciata vetrata inclinata, favorisce durante il periodo estivo l'innescarsi di moti convettivi che facilitano l'espulsione dell'aria calda dalle finestre poste in alto. Durante il periodo invernale, il surriscaldamento delle celle aumenta la temperatura interna all'atrio su cui si affacciano gli uffici.

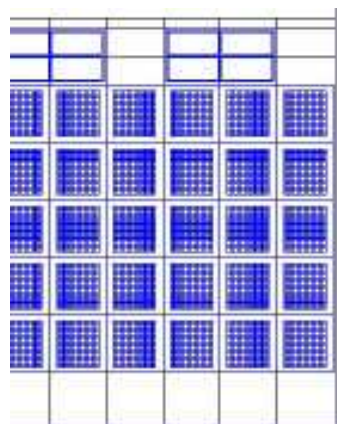
### Caratteristiche di integrazione

L'integrazione fotovoltaica sulla vetrata inclinata consente inoltre:

- Buone prestazioni fotovoltaiche
- Semplificazioni costruttive
- Benefici per l'ombreggiamento e la possibile penetrazione della luce naturale
- Elevata valenza estetica
- Elevati standard di integrazione
- Possibile uso di pannelli standard
- Necessità di protezione dall'acqua piovana
- Buona ventilazione tra i moduli
- Buona illuminazione naturale



*I moduli fotovoltaici utilizzati saranno in silicio policristallino e montati nelle parti che possono essere opache rispetto alla vista esterna, dal solaio fino ad una altezza di un metro circa.*



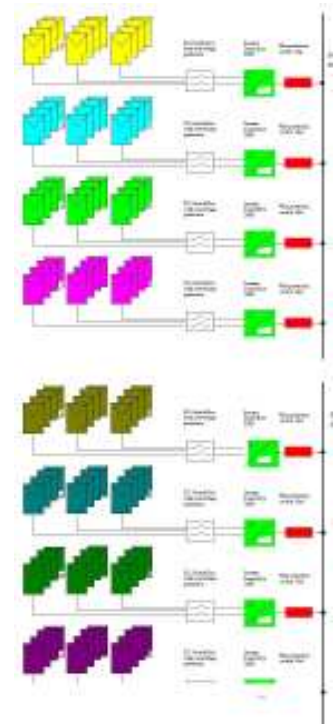




**Impianto fotovoltaico**

Il sistema prevede l'installazione di un impianto di 26,4kW di picco per una superficie complessiva di 300 mq. Quando il sistema FV genera elettricità, esso si riscalda, tale calore viene recuperato ed utilizzato in inverno per riscaldare gli ambienti, mentre in estate per creare l'effetto camino ed accentuare in questo modo la ventilazione naturale attraverso le aperture poste nella parte alta della facciata.

La struttura, costituita in cemento armato, assicura una buona massa termica in grado di influenzare positivamente la temperatura interna. L'impianto integrato nella facciata verrà realizzato con moduli semitrasparenti Solarwatt EP100-72GEG LK (18%).



## Edificio comunale a Capannori, Lucca

I 26,4 kWp totali dell'impianto sono suddivisi in 8 sottosistemi, ciascuno da 3,3 kWp composto da tre stringhe formate da 10 moduli in serie ciascuna connesse a un inverter.

### Ipotesi :

- Inclinazione del sistema : 40°
- Orientamento : azimut 39°
- Dati climatici di Pisa

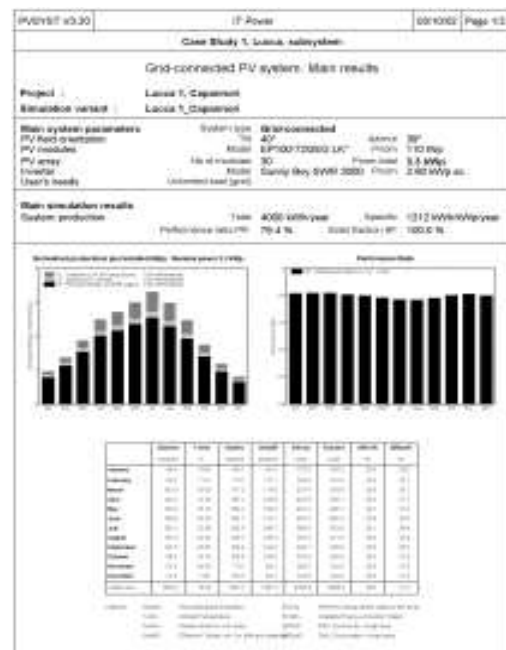
**Committente:** Comune di Capannori

**Progetto dell'integrazione fotovoltaica:**

ABITA, WIP, IT Power

**A destra:** grafici delle simulazioni energetiche per il dimensionamento dell'impianto.

**In basso:** sono state messe a confronto due fotografie, a destra lo stato di fatto, a sinistra l'integrazione fotovoltaica.







## Lucernari- Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 4 Istituto Campedelli, Lucca

L'Istituto Tecnico Commerciale Campedelli, sito in via XX Aprile a Castelnuovo Garfagnana in provincia di Lucca, è stato completato nel 1980 ed utilizzato per la prima volta nel 1984.

Nel 1990 il complesso è stato completato con la realizzazione di una palazzina, adibita ad uffici, perfettamente integrata all'edificio preesistente.

### Il progetto

Il progetto rivolge la sua attenzione alla realizzazione di una copertura fotovoltaica integrata ai lucernari posti in copertura.

Il sistema prevede la realizzazione di una superficie trasparente con elementi fotovoltaici integrati.

I moduli FV verranno installati con esposizione sud su una superficie complessiva di circa 200 mq.

I lucernari fotovoltaici saranno 6 e verranno posti in corrispondenza del corridoio centrale e dei ballatoi.

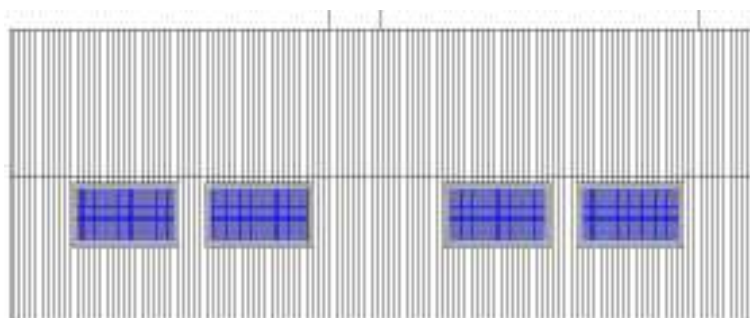
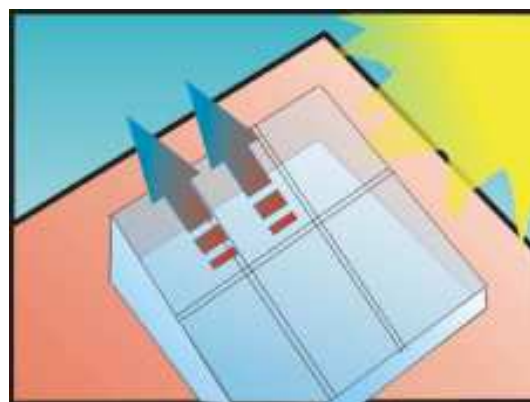
### Caratteristiche di Integrazione:

- Possibile uso di pannelli standard
- Richiesto una buona tenuta all'acqua
- Buona ventilazione tra i moduli
- Buon livello di illuminazione naturale

### Impianto fotovoltaico

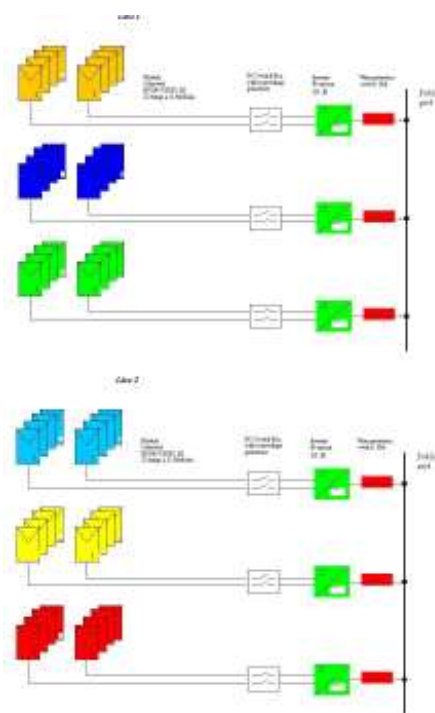
La scuola ha attualmente una fornitura di energia elettrica da parte dell'ENEL in bassa tensione con una potenza disponibile di 33 KW.

Per l'impianto sono stati selezionati moduli semitrasparenti ( 18% ), per una potenza totale installata di 14,5 kWp, suddivisa in 6 sottosistemi da due stringhe ciascuno.



*Sopra: porzione della superficie di copertura con quattro lucernari.*

*A destra: schema dell'impianto fotovoltaico*



## Descrizione tecnica del sistema:

6 sottosistemi uguali: 2 stringhe con 11 moduli Solarwatt EP100-72GEG LK in serie + inverter Fronius IG 30; potenza di un sottosistema: 2,42 kWp

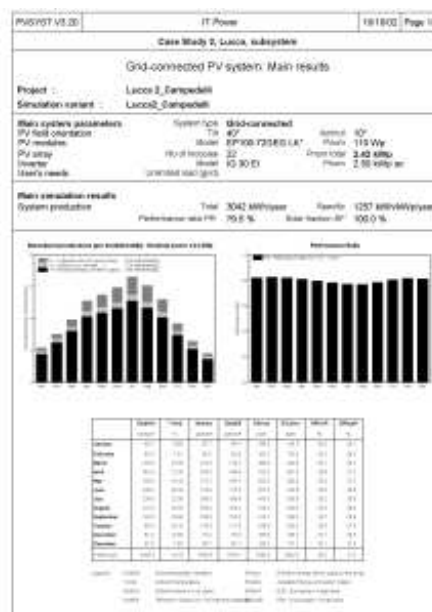
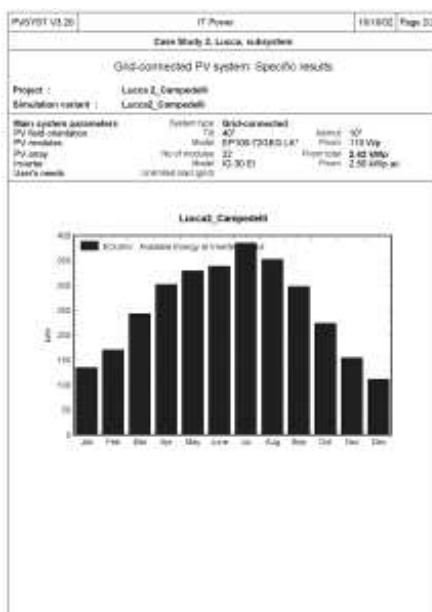
## Ipotesi:

- Angolo di tilt dell'impianto 40°
- Orientamento Sud, 10° Ovest
- Dati climatici di Pisa

## Committente:

Provincia di Lucca

**Progetto dell'integrazione fotovoltaica:** ABI-TA, WIP, IT Power

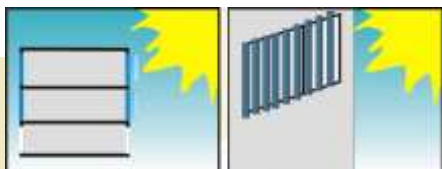


In alto: Grafici delle Simulazioni Energetiche

In basso: vista della copertura dell'edificio e dei lucernari su cui è proposta l'integrazione dell'impianto fotovoltaico







## Frangisole fotovoltaici 5 Istituto Fermi, Lucca

L'Istituto Tecnico Industriale (ITI) Enrico Fermi, situato in via C. Piaggia 160 in località Arancio a Lucca, è stato realizzato all'inizio degli anni '80.

L'edificio si sviluppa su tre livelli, è realizzato con struttura di cemento armato e presenta una serie di elementi frangisole in alluminio posti a protezione delle superfici finestrate.

### **Il progetto**

Il progetto di integrazione fotovoltaica si sviluppa all'interno degli elementi schermanti, le facciate con orientamento sud, sud-est e sud-ovest verranno protette dalla radiazione solare con i nuovi dispositivi integrati in elementi frangisole fotovoltaici.

### **Caratteristiche di integrazione**

Il sistema frangisole fotovoltaico è mobile ed è posto verticalmente :

- Facile dissipamento del calore degli elementi FV
- Facilità di montaggio
- Buona integrazione architettonica

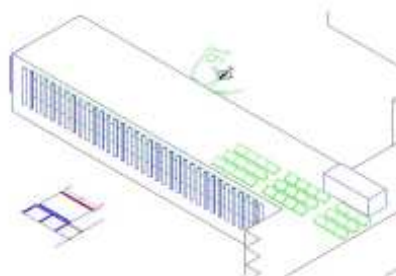


L'esposizione dei moduli non sarà ottimale ma la possibilità di rotazione consentirà comunque una buona produzione di energia.

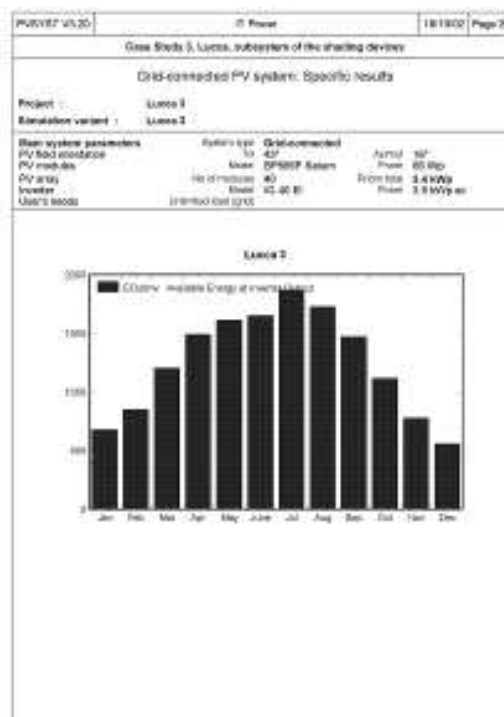
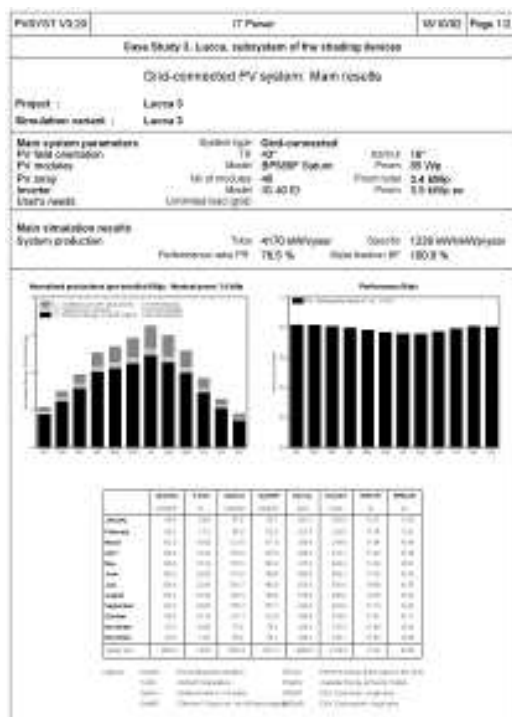
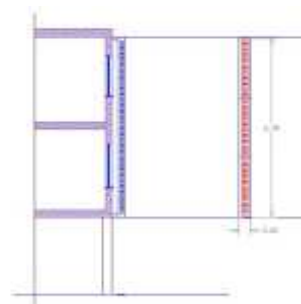
Un secondo impianto sarà montato in copertura, realizzato con 4 stringhe da 9 moduli SOLARWATT EP100-72 GEG LK in serie (potenza nominale 3,96 kW).

- Inclinazione delle schermature :  $43^\circ$
- Inclinazione del sistema di copertura :  $30^\circ$
- Orientamento per entrambi i sistemi : azimut  $16^\circ$
- Dati climatici di Pisa

Progetto dell'integrazione fotovoltaica: ABITA, WIP, IT



Integrazione nell'involucro:  
vista generale e dettaglio





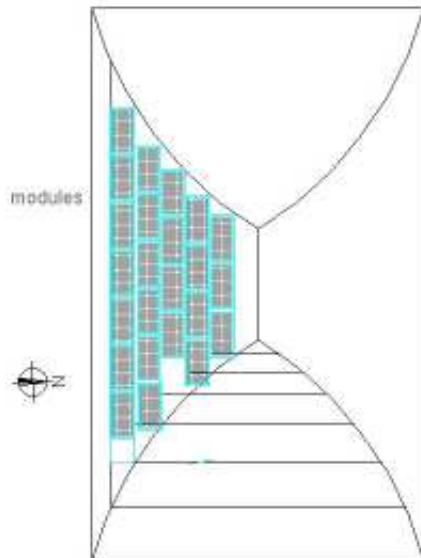


## Coperture inclinate - Impianto fotovoltaico complanare al rivestimento 6 Palestra Gherardesca - Livorno

### Il progetto

L'edificio per attività sportive è situato in una zona centrale di Livorno.

Il progetto di integrazione fotovoltaica consisterà in una applicazione nella parte superiore della copertura, sul fronte dell'edificio esposto a sud.



### Caratteristiche di integrazione

L'impianto sarà realizzato con moduli integrati nella copertura inclinata.

Il sistema di ancoraggio potrà essere facilmente connesso alla struttura esistente, realizzata in profili metallici e pannelli di tamponamento in metallo.

L'inclinazione della copertura è diversificata e pertanto la pendenza dell'impianto FV seguirà tale andamento, alcune strisce avranno un rendimento di energia maggiore rispetto ad altre ma comunque tutte abbastanza vicine all'inclinazione ottimale.

L'impianto presenta pertanto

- Elevati standard di integrazione
- Rilevante valenza architettonica ed estetica
- Rigidità di orientamento

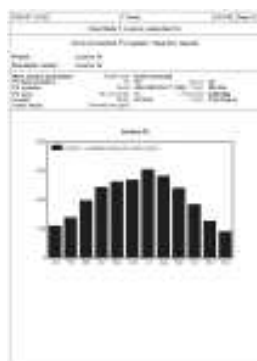
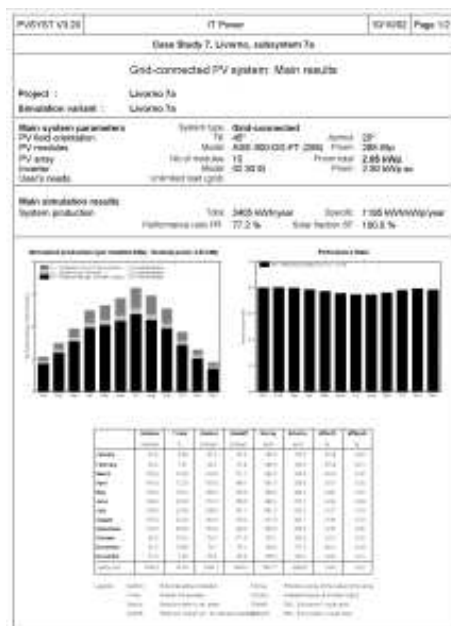


## Impianto fotovoltaico

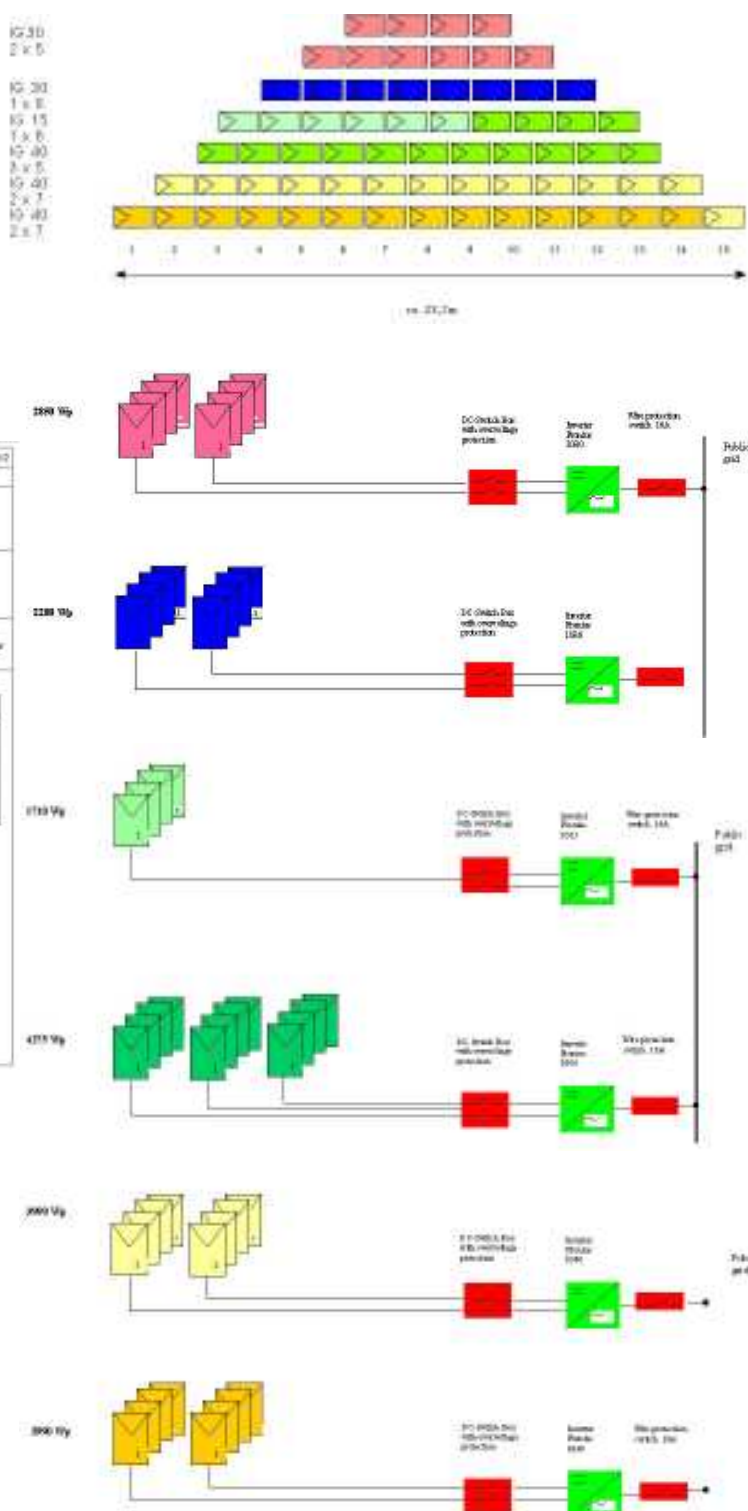
L'impianto fotovoltaico da installare ha una potenza nominale di circa 19,1 kW, distribuita in 6 sottosistemi, resi necessari dalla variazione di inclinazione della copertura su cui sono integrati.

Due sottosistemi sono identici, mentre tre variano per numero di stringhe e moduli.

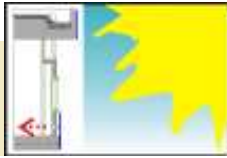
Ciascun sottosistema è connesso a un inverter opportunamente dimensionato.



**Committente:** Provincia di Livorno  
**Progetto dell'integrazione fotovoltaica:** ABITA, WIP, IT Power







## Doppio involucro ventilato - Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 7 Istituto Tecnico "A. Gramsci"- Firenze

### Il Progetto

L'edificio, oggetto dell'intervento, è un Istituto Tecnico Industriale di Firenze. Per tale edificio sono stati proposti due progetti di inserimento architettonico di impianti fotovoltaici;

- uno riguarda la facciata sud dell'edificio,
- l'altro riguarda la sistemazione di alcuni pannelli sulla palazzina uffici dell'edificio scolastico.

L'edificio è stato progettato con una facciata predisposta per l'accumulo passivo della radiazione solare attraverso infissi ad alta tenuta e ad accumulo diretto, inoltre sono state predisposte delle bocchette per la ventilazione naturale delle aule, in modo da evitare i ricambi di aria diretti dalle finestre.

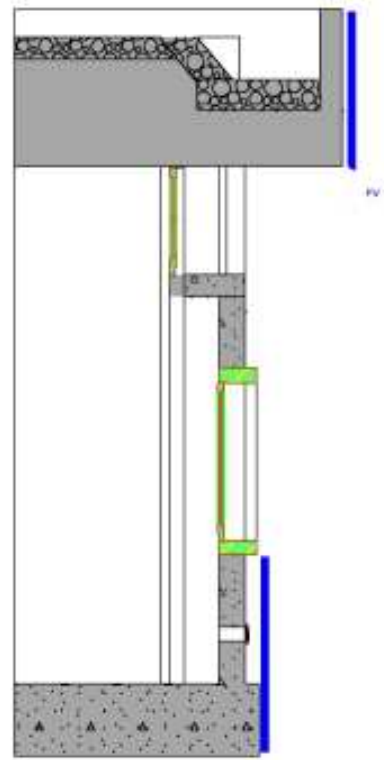
### Caratteristiche di integrazione

L'inserimento architettonico del sistema fotovoltaico sarà localizzato come fascia continua sul parapetto e sulla fascia di copertura dell'ultimo piano. La fascia sul parapetto sarà sostenuta da montanti, con funzione aggiuntiva di distanziatori, allo scopo di ricavare tra l'impianto e la facciata un'intercapedine di ventilazione..

Durante la stagione invernale tale volume può essere utilizzato come scambiatore di calore per avere una ventilazione naturale nelle classi, e al contempo consentire un ricambio d'aria preriscaldato dall'impianto fotovoltaico.

### Caratteristiche:

- Elevata flessibilità progettuale e notevole valenza estetica con potenziale caratterizzazione cromatica della facciata.
- Funzione di preriscaldamento dei ricambi d'aria
- Possibilità di utilizzare elementi standard
- Rigidità di inclinazione e orientamento dei moduli



Il rivestimento FV deve inoltre essere in grado di offrire protezione contro gli agenti atmosferici e provvedere all'isolamento termico ed acustico.

### Impianto Fotovoltaico

L'impianto previsto sarà di 13,72 kWp di potenza nominale.

La preesistente struttura delle finestre è stata predisposta in fase di costruzione per un'applicazione integrata delle tecnologie passive.

A questo scopo la struttura è ripartita orizzontalmente in tre sezioni:

- La prima, in alto, in posizione arretrata, consente il passaggio della luce e i ricambi d'aria senza dover aprire la parte inferiore della finestra.

Essa è schemata dalla copertura aggettante, che ha anche la funzione di elemento diffusore della luce.

- La parte inferiore degli infissi è schemata da tapparelle avvolgibili e l'infisso è a taglio termico.
- Il parapetto è dotato di bocchette, che con il nuovo impianto fotovoltaico assumeranno un ruolo importante nel funzionamento della finestra.

L'impianto fotovoltaico a parapetto funzionerà da scambiatore, in inverno, così l'aria fresca in entrata sarà preriscaldata dal funzionamento dell'impianto.

Le fasce di rivestimento della copertura daranno continuità cromatica all'inserimento dei moduli fotovoltaici in silicio policristallino.

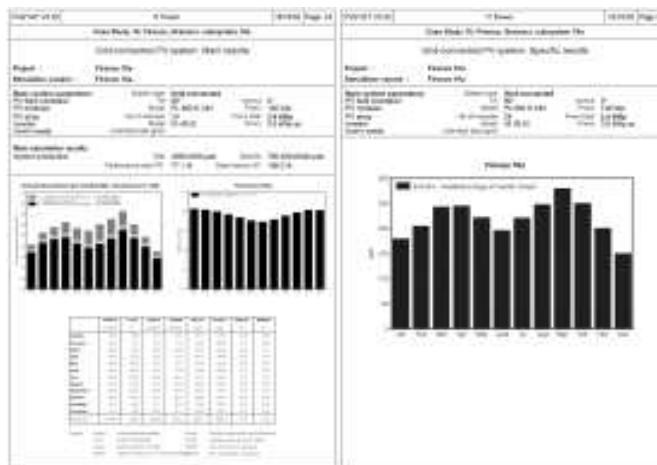
L'impianto è costituito da 4 sottosistemi, due dei quali identici.

#### Ipotesi:

- Inclinazione dell'impianto: 90 gradi
- Orientamento: Sud
- Dati climatici di Pisa

Committente : Provincia di Firenze

Progetto dell'integrazione fotovoltaica :



*In alto: i grafici delle simulazioni energetiche per il dimensionamento dell'impianto*



*In alto: fotografia dello stato di fatto.*

*A sinistra: integrazione del sistema fotovoltaico*





## Lucernario e frangisole - Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 8 Liceo Scientifico "C. MARCHESI"- PISA

Il Liceo Sperimentale C. Marchesi di Pisa è situato in località Cisanello in una area di nuova espansione.

L'edificio presenta un elevato livello di degrado, causato dalla mancanza di interventi di manutenzione ordinaria e da un recente incendio che ha danneggiato la struttura della palestra.

### Il progetto

Il progetto prevede l'integrazione di due sistemi fotovoltaici: uno integrato nella copertura della palestra, orientata a sud-ovest, e l'altro da posizionarsi sulla facciata sud-est.

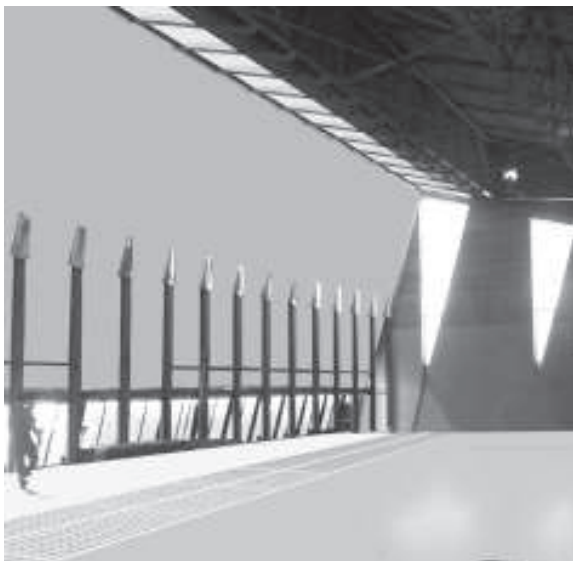
La palestra di forma regolare, rettangolare, ha la facciata sud-ovest costituita da una parete vetrata ed una parte in pannelli sandwich in lamiera.

La struttura portante della parete è costituita da una struttura reticolare in profili metallici alla quale si ancora la facciata.

L'integrazione architettonica dell'impianto FV sarà realizzata in copertura come lucernario a shed.

Il fronte sud-est, dove sono collocate le classi, ha una sagoma triangolare e le superfici finestrate sono realizzate in modo da alloggiare dei frangisole fissi in prossimità delle finestre.

### Localizzazione



In tali elementi verrà integrato un sistema a lamelle fotovoltaico con inclinazione a 45°.

L'impianto integrato nei frangisole sarà di 20 kW di picco e consentirà di produrre energia elettrica schermato le superfici finestrate.

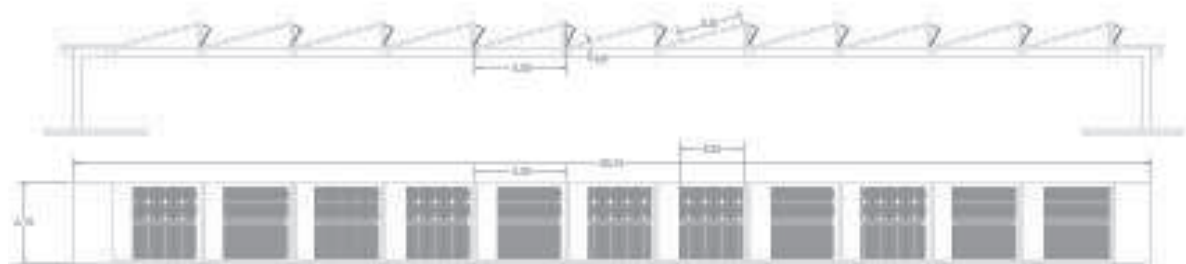
### Caratteristiche dell'integrazione nel Lucernario (S-O)

L'impianto fotovoltaico integrato nel lucernario consente:

- Buone prestazioni FV
- Benefici dovuti all'ombreggiamento e alla possibile penetrazione della luce naturale.
- Impianto retrofit

**A sinistra:** Simulazione dell'interno della palestra

**In basso:** prospetto con l'indicazione dei pannelli fotovoltaici.



## Liceo Scientifico "C. MARCHESTI"- PISA

L'impianto fotovoltaico applicato ai frangisole consente:

- Buona efficienza FV
- Funzione frangisole
- Alternanza di componenti FV opache ad elementi trasparenti per consentire il passaggio della luce.
- Potenziali problemi di pulizia.

### **Impianto fotovoltaico**

Il sistema prevede l'installazione di due impianti FV di cui uno di 14kW di picco come lucernario a shed in copertura, e un altro di 20kW di picco integrato nei frangisole.

### **Descrizione tecnica del sistema**

*Integrazione in copertura.*

Per l'integrazione in copertura sono stati selezionati

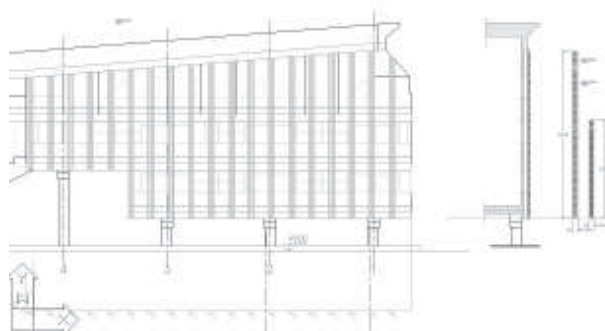


moduli semitrasparenti (18%). L'impianto è costituito da 6 sottosistemi (potenza individuale, 2,32 kW), ognuno composto da due stringhe in parallelo, ciascuna da 11 moduli Solarwatt EP100-72 GEG IK in serie.

### **Ipotesi:**

- Inclinazione del sistema : 30°
- Orientamento: Sud 26°
- Dati climatici di Pisa

*Integrazione nelle schemature di facciata - 20kWp*



**Committente:** Provincia di Pisa

**Progetto dell'integrazione fotovoltaica:**

ABITA, WIP, IT Power





## Impianto FV a tetto e a finestra - Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 9 Istituto Tecnico ISA, Volterra (PI)

### Il progetto

L'edificio scolastico ISA di Volterra è un complesso collocato all'esterno delle mura della città; la costruzione risale alla fine degli anni '70 ed è realizzata in muratura tradizionale, con copertura a falda.

Il progetto di integrazione fotovoltaica prevede l'inserimento di pannelli in copertura e integrati nelle finestre in facciata. L'edificio si sviluppa su due blocchi ad L, simmetrici rispetto al corpo centrale di collegamento; l'integrazione fotovoltaica è prevista sui prospetti esposti a sud e parte a sud-est.



### Caratteristiche di integrazione

Per motivi strutturali, funzionali o estetici, alcune volte non è possibile inserire in modo continuo moduli FV all'interno di una facciata.

In questo caso il progetto di integrazione dovrà mirare a identificare le parti finestrate compatibili dal punto di vista architettonico e tecnico con il FV. A tale scopo risultano particolarmente adatte le zone dei parapetti. L'utilizzo di moduli semitrasparenti consente inoltre il passaggio della luce naturale.



- Notevoli potenzialità progettuali dovute alla possibilità di alternare componenti FV semitrasparenti e opachi.
- Ottime possibilità di inserimento delle componenti impiantistiche all'interno degli elementi che costituiscono le parti finestrate.
- Possibilità di standardizzazione degli elementi FV
- Rigidità di inclinazione e orientamento dei moduli
- Elevati standard di integrazione.

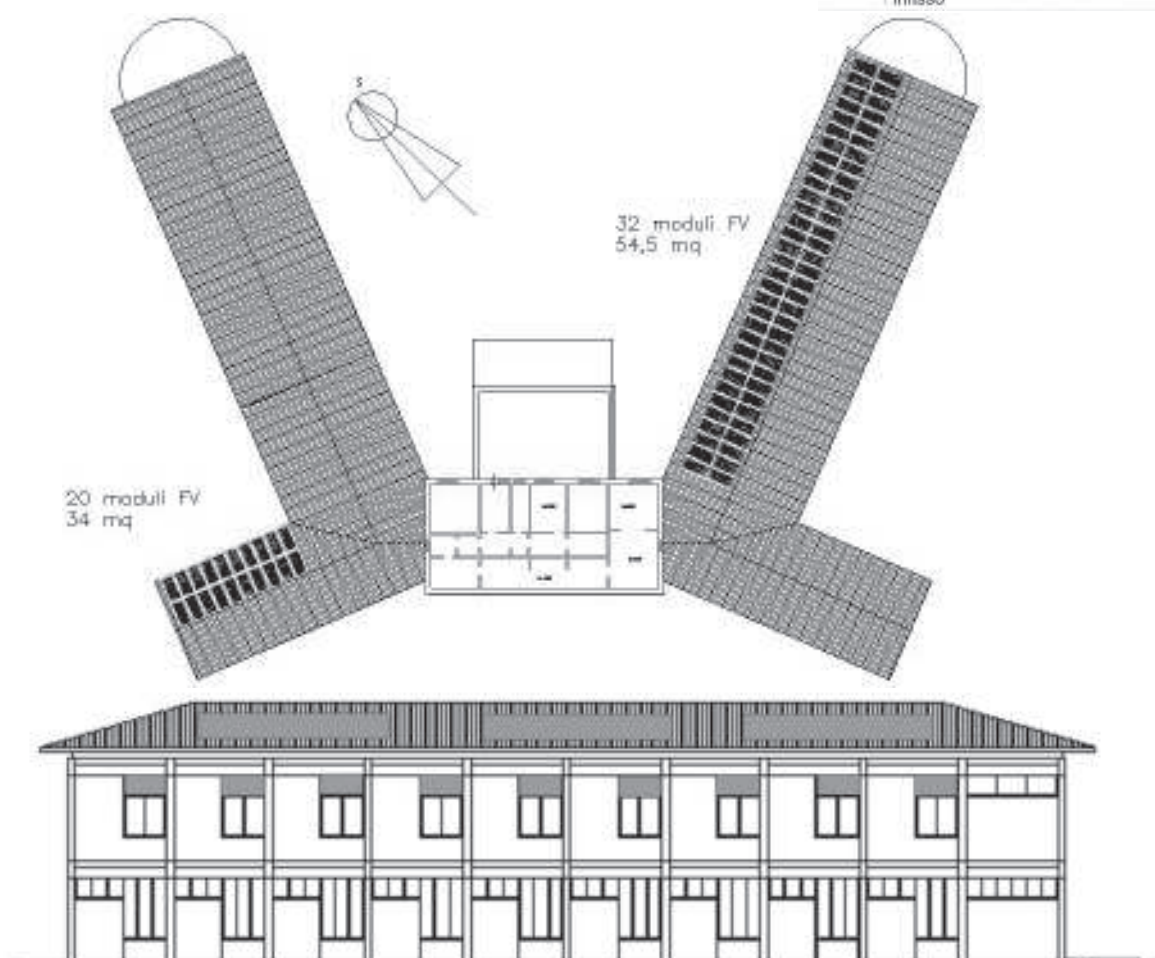
### **Impianto fotovoltaico**

Il sistema fotovoltaico è integrato nelle falde della copertura, con una potenza complessiva installata di 13,2 kWp e da sottosistemi con potenza 1,1 kWp integrati nei vani finestra.

Il sistema di copertura è formato da 4 sottosistemi, ciascuno formato da due stringhe da 12 moduli connessi in serie. L'integrazione in facciata è prevista con l'adozione di moduli semitrasparenti.

Ciascun sottosistema che compone i due impianti è connesso a un inverter autonomo in modo da ottimizzare la produzione elettrica complessiva.

### **PARTICOLARE TIPO**







## Frangisole Impianto fotovoltaico a sviluppo parziale 10 Istituto Tecnico IC Carducci, Volterra, (PI)

### Il progetto

L'edificio scolastico IC Carducci di Volterra è un complesso collocato all'esterno delle mura di Volterra, la costruzione risale agli anni '80 ed è realizzato in muratura tradizionale, con copertura a falda.



### Caratteristiche di integrazione

In questo progetto sono stati realizzati due tipi di impianti, uno sulla copertura ed uno posto sulle finestre, utilizzato per schermare la luce solare.

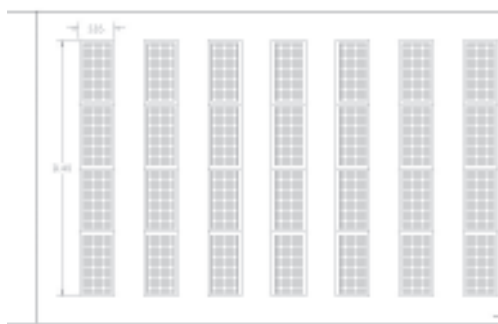
I moduli FV utilizzati come elemento frangisole possono migliorare le loro prestazioni se muniti di un sistema che ne regoli l'inclinazione.

Tale soluzione, offre la possibilità di un posizionamento accurato del modulo in funzione dell'altezza del sole, delle condizioni meteorologiche e delle specifiche esigenze di luminosità interna.

In presenza di condizioni meteorologiche particolarmente perturbate, con un

conseguente abbassamento del livello di luminosità ambientale, i moduli possono essere posizionati in modo da far penetrare la massima luce possibile.

Nel caso contrario di condizioni di luminosità eccessiva per le necessità interne, l'impianto può essere regolato in modo da ottimizzare le sue prestazioni di schermo, con una conseguente riduzione dell'apporto termico interno ed un risparmio sull'eventuale energia impiegata per il condizionamento.



L'integrazione fotovoltaica in copertura, sarà di tipo tradizionale con un sistema di cavalletti in metallo montati sulla copertura esistente tramite guide metalliche e bullonatura. I cavalletti consentiranno ai moduli FV di essere orientati in modo ottimale.



#### Caratteristiche:

- Ottima soluzione per interventi retrofit con integrazione o sostituzione degli elementi di protezione solare
- Estrema flessibilità di impiego
- Ottimizzazione delle prestazioni bioclimatiche
- Riduzione dei costi di climatizzazione e illuminazione naturale.
- Buona ventilazione e quindi temperature di esercizio minime.
- Aumento dei costi realizzativi.
- Aumento dei costi di gestione.

#### Impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico sarà composto di un sistema di 22 kW, di cui 100 mq saranno integrati sulla copertura e 100 mq per gli schermi frangisole posti verticalmente sulla facciata.

#### Breve descrizione tecnica:

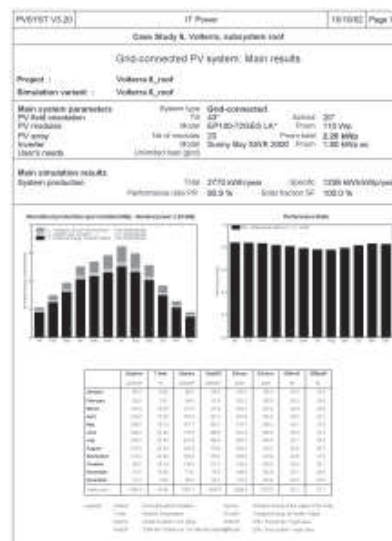
Gli impianti in copertura e facciata sono uguali, entrambi composti da 5 sottosistemi da 2,2 kWp (2 stringhe con 10 moduli semitrasparenti - 18% - Solarwatt EP100-72GEG IK in serie). Ciascun sottosistema è connesso a un singolo inverter, in modo da ottimizzare le prestazioni complessive dell'impianto. Per il montaggio in copertura è stata prevista l'adozione di un sistema standard. Per gli elementi mobili della facciata è stato scelto un sistema a movimentazione idraulica di produzione svizzera.

#### Ipotesi:

- Inclinazione impianto in copertura: 43°
- Inclinazione dell'impianto in facciata: 90°
- Orientamento di entrambi gli impianti: azimut 20°
- Dati climatici di Pisa

**Committente:** Provincia di Pisa

**Progetto dell'integrazione fotovoltaica:** ABITA, WIP, IT Power



Schema del sistema mobile di orientamento dei frangisole.







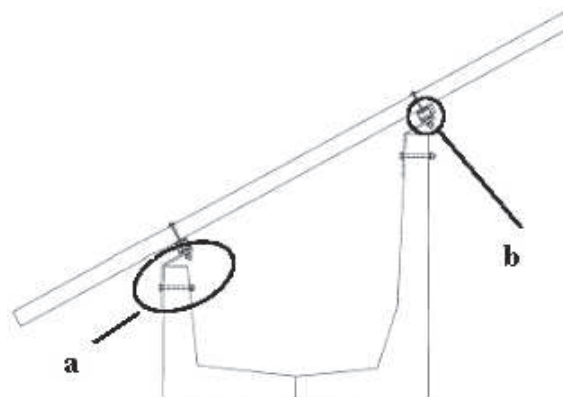
## Copertura piana- Impianto fotovoltaico a sovrasolaio 11 Palestra Liceo Enriques - Livorno

### Il progetto

La palestra è all'interno del complesso scolastico del Liceo Enriques a Livorno, ed è costituita da un unico piano con struttura di cemento armato e copertura piana.

La soluzione adottata per l'integrazione del sistema fotovoltaico è la più semplice e "tradizionale": sulla copertura dell'edificio. Essa prevede il posizionamento dei moduli su sostegni zavorrati, posati sulla superficie piana della copertura o ancorati con sistemi meccanici alla sua struttura. Questa tipologia costituisce l'adattamento al contesto edilizio della soluzione convenzionale dei generatori fotovoltaici posizionati direttamente sul terreno.

Tale sistema è assai diffuso per la facilità di montaggio dell'impianto, la libertà di inclinazione e orientamento dei moduli, oltre alla sua "indipendenza" dalla struttura dell'edificio.



### Caratteristiche di integrazione

- Completa indipendenza del sistema FV dalla struttura dell'edificio. Non comporta generalmente problemi di impermeabilizzazione del piano di posa.
- Buona ventilazione dei moduli FV
- Facilità di montaggio dell'impianto e costi di installazione relativamente bassi.

### Impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico da installarsi è di circa 10 kW di potenza nominale complessiva, per una superficie globale di 100 mq.

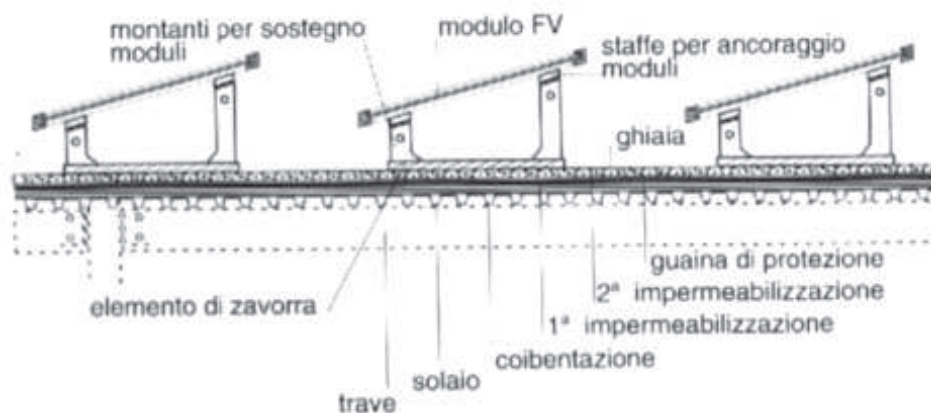
Il sistema nel suo complesso è formato da tre sottosistemi distinti, ciascuno composto da due stringhe da 12 moduli Eurosolare PL16/140 connessi in serie.

### Ipotesi:

- Inclinazione dell'impianto: 30°
- Orientamento dell'impianto: Sud
- Dati climatici di Pisa

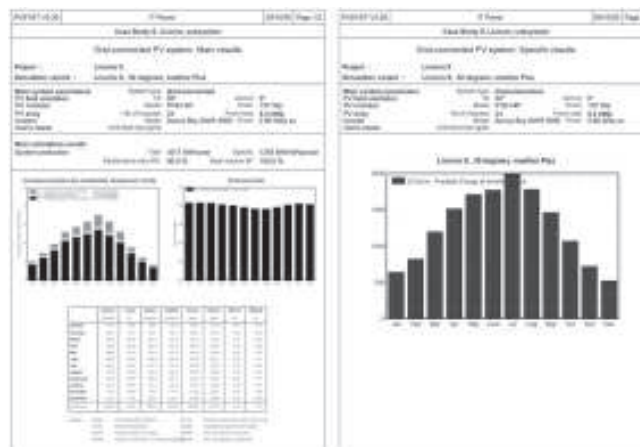
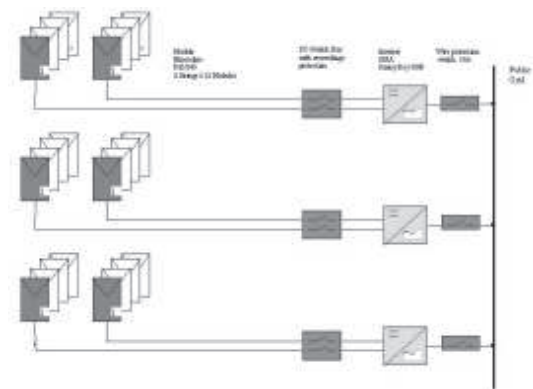


### PARTICOLARE TIPO



## Palestra Liceo Enriques - Livorno

Due inverter monofase da 3kW sono connessi all'impianto, per l'ottimizzazione del rendimento complessivo. L'installazione è stata realizzata con l'ausilio di un sistema di montaggio standard.



### Committente:

Provincia di Livorno

### Progetto dell'integrazione fotovoltaica:

ABITA, WIP, IT Power







## Copertura piana- Impianto fotovoltaico a sovrasolaio *12 Istituto Nautico Cappellini - Livorno*

### Il progetto

L'edificio Nautico Cappellini è posto in prossimità del Porto di Livorno.

La copertura piana rivolta a sud consente una facile installazione di un impianto fotovoltaico a tetto.

### Caratteristiche di integrazione

L'impianto avrà inclinazione ottimale per massimizzare la captazione solare e i moduli saranno distribuiti in file distanziate tra loro circa 120 cm, per consentire una facile manutenzione ed ispezione ed al contempo evitare ombreggiamenti reciproci tra i moduli.

Il sistema di supporto sarà in alluminio e applicato direttamente sulla copertura a terrazza dell'edificio scolastico.

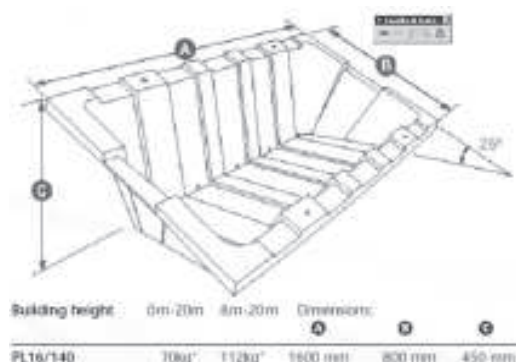


### Impianto fotovoltaico

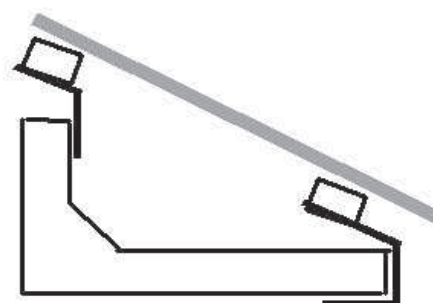
L'impianto previsto sarà di circa 9,8 kWp per una superficie di 100 mq. Il sistema è suddiviso in tre sottounità identiche, ciascuna composta da due stringhe da 12 moduli connessi in serie e connessa a un inverter monofase da 3kW.

Nell'ambito dell'intervento sono stati proposti due sistemi di montaggio dei moduli

*Soluzione a*

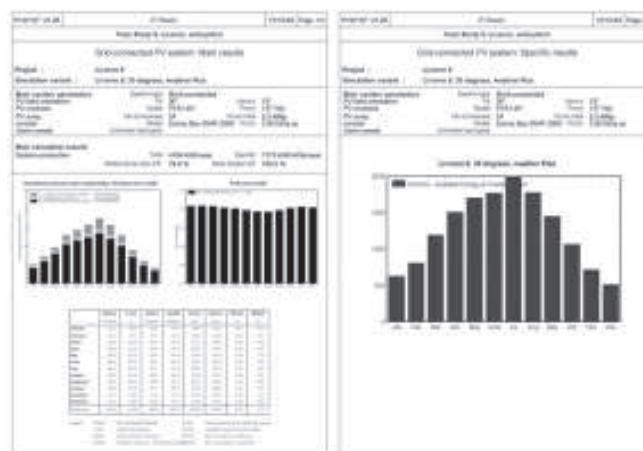
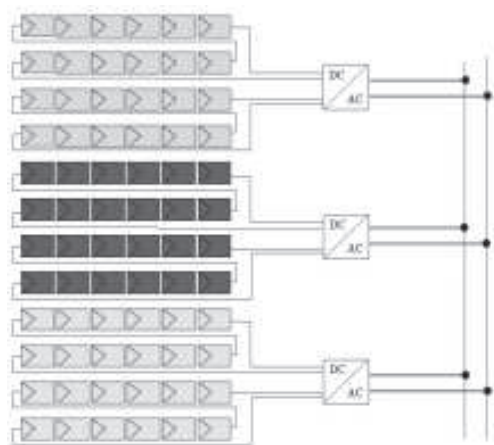


*Soluzione b*



**Ipotesi:**

- Inclinazione dell'impianto: 30°
- Orientamento: S-E 15 gradi
- Dati climatici di Pisa



*Sopra: grafici delle simulazioni energetiche  
A sinistra: schema di impianto.*

**Committente:** Provincia di Livorno  
**Progetto dell'integrazione fotovoltaica:**  
ABITA, WIP, IT Power







L'impianto FV sostituisce la copertura originaria, ha una potenza nominale di 19,3 kWp, per una superficie complessiva di circa 200 m<sup>2</sup>.

In pratica l'impianto non viene installato sul tetto, ma è il tetto, o parte di esso, che diventa impianto FV.

SCUOLA ELEMENTARE-MATERNA PONTENUOVO

Pianta dei tetti 1:250

Scuola

Materna

Edificio con controllo termoisolante integrato nell'edificio

- Elevato standard di integrazione
- Rilevante valenza architettonica ed estetica
- Ottima rispondenza ai requisiti qualitativi e conservativi dei tetti
- Si richiede il requisito della tenuta stagna
- Ricicdità di orientamento.



## Scuola elementare Pontenuovo - Pistoia

Localizzazione	Pontenuovo, Municipality of Pistoia
Longitudine e latitudine	10° 54' 43° 55'
Altitudine	65 mslm circa
Potenza dell'impianto	19,3 kWp
Tipologia di celle	Silicio Amorfo
Area coperta dai moduli	320 mq circa
Tipologia d'installazione	Integrazione completa in copertura
Data prevista per la realizzazione	Aprile 2002
Potere nominale di ciascun modulo	64 Wp
Numero di moduli per stringa	22
Numero di stringhe	14
Numero di moduli	308
Inclinazione dei moduli	circa 30°
Azimuth dei moduli	0°
Numero di inverter	1 (Inverter trifase)
Potenza dell'Inverter (potenza output)	20 kVA

**Committente:** Comune di Pistoia

**Progetto dell'integrazione architettonica:**  
ETA Florence, Ing. Gianluca Tondi

IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER  
LA SCUOLA ELEMENTARE - MATERNA PONTENUOVO (PT)



VISTA DELLO STATO DI FATTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER  
LA SCUOLA ELEMENTARE - MATERNA PONTENUOVO (PT)



VISTA DELLO STATO DI FATTO



VISTA DOPO L'INSERIMENTO DEI PANNELLI



VISTA DOPO L'INSERIMENTO DEI PANNELLI



L'integrazione del fotovoltaico negli edifici presenta, al di là del risparmio sulla spesa energetica, molti vantaggi di natura architettonica, tecnologica ed ambientale. Ad esempio la valenza estetica di un edificio può essere migliorata anche attraverso l'integrazione di moduli fotovoltaici nelle facciate o nelle coperture piuttosto che utilizzare il sistema FV banalmente su sistemi di montaggio appoggiati sulla copertura piana o a terra. Recentemente alcuni produttori di vetri tradizionali hanno sviluppato componenti, per le applicazioni fotovoltaiche, personalizzabili: colori e forme che consentono agli architetti un'ampia flessibilità nella proposta estetica. Inoltre, l'integrazione riduce in modo significativo il costo del BOS (Balance of System: l'insieme dei componenti del sistema fotovoltaico, ad esclusione dei moduli) in quanto la parete o la copertura dell'edificio diventa supporto strutturale per i moduli. Qualora le proposte progettuali prevedano ampie superfici vetrate in facciata o in copertura, l'integrazione di sistemi fotovoltaici semitrasparenti ben si presta a sostituire soluzioni tradizionali, sia in facciate continue che come elementi schemanti. Ulteriore opportunità di integrazione è offerta da possibili applicazioni nell'ambito di interventi di arredo urbano e nelle zone di pertinenza degli edifici stessi (zone di sosta carrabile e pedonale, pensiline, etc.)

I moduli fotovoltaici possono contribuire al condizionamento bioclimatico dell'edificio: l'aria esterna può essere fatta scorrere sul retro dei moduli favorendone la ventilazione. Il surriscaldamento dei moduli fa riscaldare l'aria che li lambisce, favorendo l'innalzamento della temperatura dell'aria interna con conseguente risparmio di energia necessaria a riscaldare gli ambienti interni ad una temperatura confortevole. I moti convettivi che nascono dal surriscaldamento delle cellule FV consentono il raffreddamento delle cellule stesse che quindi lavorano a temperature più basse e con rendimenti più elevati. La potenza del sistema fotovoltaico può essere utilizzata per alimentare il sistema di condizionamento, riducendo il picco di domanda di elettricità alla rete elettrica, e i corrispondenti carichi richiesti.

Un ulteriore beneficio dell'integrazione del FV negli edifici è che l'impianto è installato laddove è necessario con ridotte perdite di carico. Infine, benché i prodotti per l'integrazione fotovoltaica siano più costosi di quelli tradizionali, il costo per kW installato al metro quadro sta diminuendo, rendendo il sistema fotovoltaico sempre più competitivo.

Nonostante il costo della fonte energetica (radiazione solare) sia nullo, i costi dell'impianto di trasformazione di energia (cioè del sistema fotovoltaico) sono molto alti, ma possono ancora andare incontro a una notevole riduzione, secondo il trend degli ultimi due decenni, grazie ad alcuni studi nel caso della ricerca - che certamente consentiranno di trovare materiali a costi sempre inferiori e con sempre maggiori rendimenti di conversione - e grazie anche all'esperienza che si sta consolidando negli ultimi anni in merito alle operazioni di montaggio.

In conclusione, se si considerano in un unico quadro il fotovoltaico e le strategie di design a basso consumo energetico, e si mettono momentaneamente da parte i costi di investimento, si possono ottenere risparmi significativi nei costi di gestione.

La più recente tipologia di applicazioni della tecnologia fotovoltaica è quella dei *sistemi integrati negli edifici*: i sistemi fotovoltaici possono essere usati come fonte integrativa, un contributo al budget elettrico globale funzionale alla dimensione dell'impianto.

Queste applicazioni introducono diversi vantaggi:

- L'energia prodotta vicino l'utenza ha un valore maggiore di quella fornita da una centrale elettrica tradizionale;
- La produzione di energia elettrica durante i periodi di insolazione massima, consentono di ridurre la domanda dalla rete elettrica durante il giorno, proprio quando vi è la maggiore richiesta di energia. Ipotizzando un grande sviluppo dell'integrazione edilizia di sistemi fotovoltaici, è possibile prevedere un livellamento della domanda di picco giornaliera, solitamente corrispondente al maggior costo elettrico del kWh. Questa è un'alternativa sempre più interessante, in particolare per il crescente uso di sistemi di condizionamento negli edifici residenziali, commerciali e pubblici;
- I costi di installazione del fotovoltaico potrebbero essere anche un costo da sottrarre a quello di costruzione globale dell'edificio, dal momento che i moduli possono sostituire coperture o vetrate per facciate;
- L'adozione di questi sistemi consente la diffusione, direttamente tra gli utenti, di un'ampia "conoscenza energetica", con un incremento positivo dell'energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

## Raccomandazioni

•E' necessario sottolineare la valenza estetica dei sistemi fotovoltaici: le celle in silicio hanno un aspetto gradevole e un effetto particolare, che lo rendono un materiale interessante per l'architettura contemporanea. E' possibile utilizzare diversi colori per le celle, adattandole a contesti differenti.

### Conclusioni ai casi studio

- I 13 casi studio sono stati selezionati per rappresentare le applicazioni del fotovoltaico negli edifici potenzialmente più promettenti in Toscana; essi includono: ristrutturazioni di edifici scolastici degli anni '60, un intervento retrofit su un edificio per uffici e una scuola, e un edificio pubblico rappresentativo ( es. sede comunale );
- Nessuno di questi impianti fotovoltaici è attualmente in grado di ottenere una convenienza economica: i sistemi fotovoltaici utilizzati per sostituire vetrate di elevata qualità architettonica saranno competitivi entro il 2005- 2010, con l'eccezione dei sistemi montati su coperture piane, che non compensano costi edilizi e quindi risultano essere maggiormente convenienti economicamente ma meno integrabili nelle strutture degli edifici;

Unica eccezione sono i progetti in corso di finanziamento dal Programma per l'energia "Tetti Fotovoltaici" indetto dal Governo Italiano.

- Gli altri casi studio presuppongono una struttura di politiche di supporto per il fotovoltaico, come previsto dalla Comunità Europea in attuazione entro il 2010: si prevede una riduzione del costo del sistema fotovoltaico del 50%, mentre il rendimento aumenterà del 50%. Inoltre, l'introduzione di tassazioni su emissioni e inquinamento può favorire il radicarsi di fonti energetiche rinnovabili;
- I costruttori, proprietari/inquilini, i professionisti dell'edilizia e le aziende di fornitura sono i principali attori del mercato che più probabilmente investiranno nei sistemi fotovoltaici integrati negli edifici. Pertanto sarà necessaria una politica di azioni di divulgazione mirata sulle opportunità del fotovoltaico..

### Raccomandazioni

- Si raccomanda di enfatizzare la realizzazione di progetti dimostrativi e di monitoraggio a lungo termine in Italia in modo da suscitare un maggiore interesse tra gli attori principali del mercato, al fine di fornire loro una dettagliata informazione dei progetti esistenti od in fase di studio.
- Si raccomandano azioni di divulgazione delle informazioni opportunamente mirate nel breve termine. Esse dovrebbero alimentare l'interesse e gli investimenti da parte dei leader del mercato all'interno dei principali settori di mercato. I gruppi sono i soggetti probabilmente più interessati alle tipologie edilizie selezionate per i Casi Studio. Una gamma più ampia di attori dovrebbe essere considerata come target, se si considerano tutte le potenziali applicazioni del fotovoltaico;
- Nel breve periodo tali soggetti difficilmente avranno benefici economici direttamente dall'investimento in sistemi fotovoltaici integrati negli edifici: i sistemi applicati (come la sostituzione di materiali trasparenti) saranno più convenienti a partire dal 2005. Le altre applicazioni saranno economicamente sostenibili entro il 2010 o oltre;
- I principali fattori conduttori del mercato per gli investimenti nel fotovoltaico sono perciò gli interessi professionali, nelle nuove tecnologie pioniere e nel progetto di nuovi edifici; e i benefici economici indiretti del riflettere un'immagine verde, ambientalmente sostenibile: nel caso di uffici, i costruttori hanno dimostrato di essere in grado di ottenere affitti più alti per gli spazi in edifici "solari";
- Un'informazione dettagliata sui costi e sui benefici ambientali di differenti applicazioni fotovoltaiche genererebbero un maggiore interesse da parte di tutto il gruppo dei soggetti coinvolti: dove è possibile queste informazioni dovrebbero riguardare i progetti fotovoltaici esistenti, e vi è inoltre una reale necessità di prevedere un maggior numero di progetti dimostrativi a lungo termine.
- I potenziali investitori dovrebbero beneficiare di viaggi studio: la possibilità di visitare progetti esistenti sia in Italia che in Europa in modo da assicurare una maggiore confidenza con la tecnologia e l'interesse in possibili nuove applicazioni.



## Strategie specifiche per la divulgazione

### Strategie specifiche per la divulgazione

- Fornire una dettagliata analisi dei costi e dei benefici ambientali delle applicazioni fotovoltaiche, in forma di Casi Studio. Nei limiti del possibile questi dovrebbero essere correlati ai progetti fotovoltaici esistenti;
- Identificare i potenziali "campioni dei prodotti" ( organizzazioni e/o individui ) per la tecnologia fotovoltaica integrata negli edifici, e incoraggiarli a prendere un ruolo dominante nella promozione e radicazione della tecnologia;
- Fornire informazioni sulle opportunità e modalità di finanziamento per i sistemi fotovoltaici ai target di gruppi interessati;
- Informare e assistere i proprietari degli edifici e gli operatori in merito al miglioramento dei sistemi integrati negli edifici, in particolare in relazione alle implicazioni sulle tariffe e ai requisiti di legge;
- Inserire il fotovoltaico nei concorsi di architettura, con il risultato di una selezione e sviluppo di progetti dimostrativi reali;
- Preparare e promuovere articoli sul fotovoltaico in riviste professionali specializzate;
- Incoraggiare il franchising dei prodotti, per realizzare una vetrina di prodotti fotovoltaici che i professionisti dell'edilizia riconoscano e di cui si possano fidare in termini di prestazione edilizia;
- Fornire linee guida tecniche dettagliate delle applicazioni edilizie del fotovoltaico.

Milieu - Educatiecentrum "De Kleine Arde", Boxtel, Olanda



## BIBLIOGRAFIA

1. Aldate Cinzia, *L'integrazione Architettonica. Progetti dal Case Studies report del Task 7 IEA*, Gangemi, Roma, 2002.
2. A.W., *La città del Sole*, EIA, Firenze, 2001
3. Archivio elettronica del National Renewable Energy Laboratory
4. Aste Niccolò, *Il fotovoltaico in architettura*, Sistemi editoriali, Napoli, 2002.
5. Atti del workshop, *Le applicazioni fotovoltaiche per usi civili e rurali nei Comuni di Italia*, ENEA, ISES, Gubbio 23 giugno 1997.
6. Ayoub J., Dignard-Baley L., Filion A., *Photovoltaics for Buildings. Opportunities for Canada*. CANMET, Varennes, Quebec, 2001.
7. BP Solar "Global projects Dossier", 1998
8. BP Solar, *A Study of the feasibility of Photovoltaic Modules as a Commercial Building Cladding Component*. ETSU S/P2/00131/REP, ETSU: Harwell, 1993.
9. Brenne W, Ehle, J. Jaschke F. *Gartenstadt Berlin- Pankow, Modellproject fur einen nachhaltigen- ökologischen Wohnungsbau. Umsetzungsstudie Band, Konzeptphase*. Berlin 1997
10. Charles Stirling and Paul Baker, *Photovoltaics: integration into buildings*, BRE, 1999
11. CIBSE Technical Memoranda: Understanding building photovoltaics CIBSE
12. ECOTEC, ECD, NPAC, *The Value of Electricity Generated from Photovoltaic Power Systems in Buildings*. ETSU S/P2/00279/REP, ETSU: Harwell, 1998.
13. ENEA, "10.000 tetti fotovoltaici" a cura di Francesco Paolo Vivoli M. Gamberale, M. Lucentini, L. Rubini.
14. ENEA, "L'integrazione dei sistemi fotovoltaici nell'edilizia e nelle infrastrutture urbane" a cura di Francesco Paolo Vivoli e Mauro Spagnolo
15. ENEA-ISES ITALIA, *Energia elettrica dal sole* di Francesco Paolo Vivoli.
16. ENEA-ISES Italia, 1998 "Energia elettrica dal Sole"
17. ETSU, Newcastle Photovoltaics Applications Centre. *Architecturally Integrated Grid-Connected PV Facade at the University of Northumbria*. ETSU S/P2/00171/REP, ETSU: Harwell.
18. European Communities Commission Directorate-General for Energy, *Photovoltaic rural electrification of 79 dwellings at Sierra de Segura (Jaén)*, The Stationery Office, 1994
19. European Communities Commission Directorate-General for Research, Science and Education, *Solar energy programme of the Commission of the European Communities abstracts of final reports... of solar energy applications for dwellings, 1 MW (el) solar power plant of the EEC, photovoltaic power generation and energy from biomass*, The Stationery Office, (1980)
20. European directory 1999 "Sustainable and energy efficient building" - component- services - materials, JAMES & JAMES, London.
21. European directory 1999, *Sustainable and energy efficient building - component- services - materials*, JAMES & JAMES, London.
22. F. Sick and T. Erge (a cura di), *Photovoltaics in buildings, a design handbook for architects and engineers*, J. James & James Editori, Londra, 1996.
23. ENEA-ISES ITALIA, "Il fotovoltaico integrato negli edifici" a cura di F. P. Vivoli, M. Gamberale, P. Frankl, P. Ferro.
24. Frankl P., 1996 "Analisi del ciclo di vita di sistemi fotovoltaici"
25. Gropi Francesco, Zuccaro Carlo, *Impianti solari fotovoltaici a nome CEI*, UTET, Milano, 2000.
26. Hagermann Ingo B., *Gebaudeintegrierte Photovoltaik*, Rudolf Müller, Köln 2002
27. Halcrow Gilbert Associates, *Grid Connection of Photovoltaic Systems*, ETSU, 1993. ETSU S 1394-P1, ETSU: Harwell.
28. Heinz Richardson, Tony Ingram
29. Hum O., Togweiler P., *Photovoltaics in Architecture*, Birkhauser, Basel, 1993.
30. IEA Annual Report, 1997 - "Implementing Agreement on PV Power Systems"
31. International Energy Agency "Photovoltaics in Buildings", 1997.
32. Kyocera "Solar Energy", 1998
33. Laukamp, H., *The basic German Electric safety Standard and its Application to PV System*. 12<sup>th</sup> European Conference PVSEC, Amsterdam, 1994.
34. *Low-cost social housing with high ecological demand- a contradiction?*
35. Madanjeet Singh, Sonne, UNESCO, Munich, 1998
36. Megrini Anna, Eina Daniela, *Tecnologie Solari Attive e Passive e Applicazioni*. Integrate in Edilizia, EEL Libri, Roma, 2001
37. Mauro Spagnolo, Francesco Paolo Vivoli, *L'integrazione dei sistemi fotovoltaici nell'edilizia e nelle infrastrutture urbane*, ENEA, Roma, 1999
38. Nasielski J. Kirsch-De Mesmaeker A. *Construction of a photovoltaic cell based on the photoelectrochemistry of organic dyes at transparent semi-conducting electrodes* Final report, Université Libre de Bruxelles Faculté des Sciences European Communities Commission Directorate-General for Research, Science and Education, The Stationery Office, 1982
39. Patrino Eiffert, Gregory J. Kiss, *Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures*, A Sourcebook for Architects, NREL, U.S.A. February 2000 NREL/BK-520-25272
40. Pearson C, Rawlings R, Nanayakkara R, *Photovoltaics in Buildings - Safety and the CDM Regulations*, BSRIA, 2000
41. Perlman John, *Dal Sole, ed Ambiente*, ISES Italia, Roma, 2000.
42. BSRIA, *Photovoltaics in buildings - Testing, commissioning and monitoring guide*, Energy Technology Support Unit, BSRIA, 1998
43. Pilkington Solar International "Optical Solar Facade", 1998
44. Randall Thomas, Max Fordham & Partners, *Photovoltaics and Architecture*, Spon Press, London, 2001.
45. Roaf Susan, *Ecohouse: A Design Guide*, Mitterworth Neinenann, London, 2001.
46. Roaf Susan, Vivien Walker, *21st Century Architectural Digest for the 21st Century Photovoltaics*. Eds., V. Oxford Brookes University.
47. Spagnolo Mauro, *Il sole nella città. L'uso del fotovoltaico nell'edilizia*, Franco Muzzio Editore, Roma, 2002.
48. Studio E Architects, *Photovoltaics in Buildings - A Survey of Design Tools*, 1995. ETSU S/P2/00289/REP, ETSU: Harwell.
49. Studio E Architects, *Photovoltaics in Buildings BIPV Projects*. ETSU S/P2/00328/REP, ETSU: Harwell.

Riviste: Fotovoltaici, Photon International



CD Rom

CD Rom integrativo  
( English Version )

con informazioni aggiuntive e  
approfondimenti relativi ai sistemi  
fotovoltaici dei casi studio

Requisiti minimi per il funzionamento :  
Internet Explorer

File di lancio : START.exe